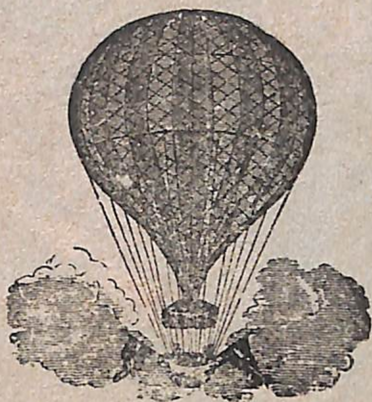
-प्रवेश
१

# आद्य-मापन



रा. गो. श्रीखंडे.

# EXTRACTS OF OPINIONS.

I was glad to see Mr. SHRIKHANDE with a manuscript in Marathi of a Text-book in Physics for std. V. There probably is a need for Physics book in Marathi for std. V. and from what I could judge the arrangement of the subject matter seems to be well thought out.

If the language is simple and clear and if the book is well illustrated it promises to be a very useful book.

Sd/ **S. N. MOOS,**
INSPECTOR OF SCIENCE TEACHING, Bombay Presidency.

---

The teaching of Physics in schools will be greatly facilitated if the subject be taught in Marathi. Some schools have been doing this, and many more would like to do it, if a suitable book were avilable. Mr. R. G. SHRIKHANDE's Book will meet **this long felt want.**

Mr. SHRIKHANDE has neatly explained the theory and the practical work pertaining to these experiments. The language is easy and the explaination lucid.

श्री० रा. गा. श्रीखंड यांनीं असलीं पुस्तकें लिहिण्याचा स्तुत्य उपक्रम करून अंशतः भरून काढिली आहे. त्यांच्या या प्रयत्नाचें **विज्ञान-प्रवेश-१** (आद्यमापन) हें दृश्यफल होय. इंग्रजी हायस्कुलें आणि ट्रेनिंग कॉलेजें यांमध्यें हें पुस्तक अनेक दृष्टींनीं उपयुक्त होईल. पुस्तकांतील विषयाची मांडणी सुबोध व सचित्र झालेली आहे व पुस्तकाचें अंतरंगही बहिरंगाप्रमाणें चांगलें उठावदार झालें आहे.

**व्ही. टी. चांफेकर,** बी. ए., बी. एस्सी.
ट्रेनिंग कॉलेज फॉर मेन्, पुणें.

विजय प्रेस, पुणें.]

आपल्या मराठी भाषेंत शास्त्रीय पुस्तकांची फार उणीव आहे. ही माझे मित्र रा० रा० श्रीखंडे यांनीं **विज्ञान-प्रवेश-भाग १** हें पुस्तक लिहून भरून काढली आहे. मीं तो वाचून पाहिला आहे. या भागांत इंग्रजी पांचव्या इयत्तेंत लागणारा विषयक्रम आलेला आहे. विषयाची मांडणी सुलभ झाली असून, ठिकठिकाणीं नित्य व्यवहारांतील दाखले देऊन मनोरंजक करण्याचा प्रयत्न केला आहे.... शेवटीं जे प्रश्न दिले आहेत ते विद्यार्थ्यांच्या दृष्टीनें फार उपयुक्त आहेत. पुस्तकाच्या अंतरंगाप्रमाणें बहिरंगही उत्तम साधलें आहे. पुस्तकाचा विद्यार्थ्यांस तर उपयोग होईलच; शिवाय सामान्य वाचकांसही सुलभ शास्त्रीय सिद्धांत कळण्यास याचा उपयोग होईल.

**रामचंद्र नारायण जोशी,** बी. एस्सी.,
Professor of Physics, Fergusson college.

---

श्री० रामचंद्र गोविंद श्रीखंडे यांचें **विज्ञान-प्रवेश-१,** हें पुस्तक मीं वाचून पाहिलें.....मराठींतून शिक्षण देतांना नेहमीं पुस्तकांची उणीव भासते. विशेषतः शास्त्रीय विषय शिकवितांना तर ती फारच भासते. पांचव्या इयत्तेकरितां शास्त्रीय विषय शिकविण्याकरितां हल्लींच्या अभ्यासक्रमास अनुसरून लिहिलेलें असें एखादें पुस्तक पाहिजे होतें, व ही उणीव रा० श्रीखंडे यांच्या पुस्तकानें चांगली भरून काढली आहे असें वाटतें. पुस्तकांतील भाषा सुबोध असून विषयाची मांडणीही पद्धतशीर केली आहे.

**गो. वि. तुळपुळे,** एम्. ए.
सुपरिंटेंडट न्यू इं. स्कूल, पुणें.

---

पदार्थविज्ञानशास्त्राचा जो भाग शाळांतून चालविण्यासाठीं नेमिला आहे, त्यावर मराठींत विगमन (Inductive) पद्धतीनें लिहिलेलें पुस्तक अद्यापि कोठें पाहण्यांत आलें नव्हतें. पण ही उणीव आतां

# विज्ञान-प्रवेश

भाग १ ला

प्रकाशक
रामचंद्र गोविंद श्रीखंडे, बी. ए.
९०५ सदाशिव पेठ, पुणें.



मुद्रक
अनंत सखाराम गोखले,
'विजय' प्रेस, ५०० शनवार पेठ, पुणें.

# आद्य-मापन

[ इंग्रजी ५ वी व ट्रेनिंग कॉलेजच्या पहिल्या व दुसऱ्या वर्षाकरितां ]

लेखक

**रामचंद्र गोविंद श्रीखंडे, बी. ए.**

'सायन्स टीचर'

नूतन मराठी विद्यालय हायस्कूल, पुणें.

आवृत्ति पहिली

१९२४.

**किंमत १। रुपया.**

# शुद्धिपत्र

| पान | ओळ | अशुद्ध | शुद्ध |
|---|---|---|---|
| ६ | शेवटची | त्याच्याशी | त्यांच्याशीं |
| १३ | १८ | फरकपट्टीचा | व्हर्नीअर पट्टीचा |
| २२ | ११ | ६ | ६० |
| ३० | १५ | एकसेंटिमीटरच्या | एक घनसेंटिमीटरच्या |
| ४२ | १२ | ग्रॅमचीं | ग्रॅमचं |
| " | " | वजनें | वजन |
| ५१ | १२ | वर्गाच्या उलटप्रमाणांत | वर्गाच्या प्रमाणांत |
| ९५ | ३ | ६५·५ | ६२·५ |
| ९६ | शेवटची | ( आकृति ४१ ) | (आकृति ४१ 'अ') |
| ९७ | १२ | " | " |
| १०० | १४ | दा | $दा_1$ |

पान ६ वर दुसरी आकृति, त्याचप्रमाणें पान ११ वर आकृति ६ 'अ' व 'ब' या उलट्या पडल्या आहेत.

कै० तीर्थरूप

गोविंद विनायक श्रीखंडे,

बी. ए.

यांचे चरणीं

सादर समर्पण.

# अनुक्रमणिका.

# प्रस्तावना.

इंग्रजी दुय्यम शाळांत नव्या अभ्यासक्रमाप्रमाणें शास्त्रीय विषय शिकविण्यास सुरुवात होऊन आज पुरीं दहा वर्षें झालीं. येवढ्या अवधींत इंग्रजी चार इयत्ताकरितां मराठींत क्रमिक पुस्तकें तयार झालीं आहेत. पांचव्या इयत्तेकरितां आरोग्यशास्त्रविषयक क्रमिक पुस्तकाची जरूरी रा० देशमूख याच्या पुस्तकानें भरून काढिली आहे; परंतु मातृभाषेंत विज्ञानशास्त्राचीं ( Physics ) मूलतत्त्वें पद्धतशीर रीतीनें सांगणारें एकही पुस्तक अद्याप निघालें नाहीं. यामुळें कित्येक शाळांतून हें शास्त्र इंग्रजींतून, तर दुसऱ्या कित्येकीं-तून अर्धवट इंग्रजींतून व अर्धवट मराठींतून, आणि फक्त थोड्या शाळांतूनच तें निव्वळ मराठींतून शिकविलें जातें.

लहान मुलांना कोणत्याही शास्त्राचीं मूलतत्त्वें शिकविण्यास मातृ-भाषेंतूनच प्रारंभ करावा, याबद्दल आज तरी दुमत असेल असें वाटत नाहीं. केवळ याच हेतूनें मी गेलीं दोनतीन वर्षें हा विषय पांचव्या इयत्तेंत तरी निव्वळ मराठींत शिकवीत आहें. परंतु शिकवितांना मला मोठी अडचण पुस्तकाची भासली. या परिस्थितीचा विचार गेलीं तीन वर्षें तरी माझ्या मनांत घोळत होता; व त्याप्रमाणें मी कच्चा खर्डा तयार करून प्रो० रा. प. सबनीस यांस दाखविला. त्यांनीं मला पुष्कळच प्रोत्साहन दिलें. नंतर इन्स्पेक्टर ऑफ सायन्स टीचिंग मि० मूस, यांनींसुद्धां मला अत्यंत सहानुभूतिपूर्वक या विषयाच्या मांडणी-बद्दल पुष्कळच उपयुक्त सूचना केल्या व एकंदर पुस्तकरचनेबद्दल आपली पसंती दर्शविली. इतकें झाल्यावरही कांहींना कांहीं कारणानें पुस्तकाचें काम लांबणीवर पडलें. शेवटीं कसेंही करून मनांतील कल्पनेस मूर्त स्वरूप द्यावें असा मनाचा निर्धार केला, व प्रस्तुत पुस्तक हें त्यांचें दृश्य स्वरूप होय.

पुस्तक लिहिण्यांत माझा उद्देश एकच आहे आणि तो हा कीं, मुलांस आपण काय शिकतों तें चांगल्या रीतीनें मराठी भाषेंत

समजावें व शिक्षकांचाही तो विषय मराठी भाषेंत सांगण्याची पुस्तकाभावीं पडणारी अडचण दूर व्हावी. शिवाय मुलांना वर्गांत शिक्षकानें काय आपणांस सांगितलें व तें कितपत समजलें हेंही घरीं पुस्तक वाचून कळून यावें. या दृष्टीनें याचा कितपत उपयोग होतो तें लवकरच दिसून येईल.

अद्यापही इंग्रजी शब्दास मराठी पारिभाषिक शब्द कोणते वापरावे याबद्दल पुष्कळच मतभेद आहे. मीं बहुतेक ठिकाणीं रा० मोडक यांची परिभाषा ठेवण्याचा प्रयत्न केला आहे; एखाद दुसरे ठिकाणीं नवीन शब्द बनवून घातला आहे. परंतु शिक्षकांनीं आपल्या सोयी-प्रमाणें इंग्रजी किंवा दुसरे मराठी योग्य पारिभाषिक शब्द वापरल्यास फारसें बिघडेल असें मला वाटत नाहीं. मीं वापरलेल्या शब्दांऐवजीं कोणास दुसरे योग्य मराठी शब्द सुचल्यास त्यानें कृपा करून मला कळविण्याची तसदी घ्यावी, म्हणजे पुढील आवृत्तींत त्याचा जरूर विचार करीन. याशिवाय विषयाच्या एकंदर मांडणी-बद्दल जर कोणीं कांहीं सूचना केल्या तर त्यांचा मी फार आभारी होईन.

ह्या पुस्तकाची लेखी प्रत वाचून ज्या ज्या सद्गृहस्थांनीं मला उपयुक्त सूचना केल्या त्यांचा मी अत्यंत आभारी आहें. त्या सूचनांचा शक्य तेवढा समावेश मीं पुस्तकांत ठिकठिकाणीं केला आहेच.

डेक्कन फोटोझिंकोचे चालक रा० फडके यांनीं ब्लॉकचें व रा० आप्पासाहेब गोखले यांनीं मुद्रणाचें काम सुबक करून दिल्या-बद्दल त्यांचा मी आभारी आहें.

शेवटीं या पुस्तकाचा 'दुसरा भाग' [ यंत्रशास्त्र ( Mechanis ) उष्णता, प्रकाश, विद्युत् ] लवकरच प्रसिद्ध करण्याचें अभिवचन देऊन ही प्रस्तावना पुरी करतों.

पुणें, ९०५ सदाशिव पेठ<br>
८ जानेवारी १९२४

**रामचंद्र गोविंद श्रीखंडे**

# आद्यमापन.

## प्रकरण १ लें.

उपोद्घात

आपण आपल्या सभोंवार जर क्षणभर पाहूं लागलों तर पुष्कळ प्रकारचीं कार्यें घडत असलेलीं दिसून येतात. आकाशांत कधीं कधीं मेघ गडगडतात, विजा चमकतात, आणि ढग एकत्र जमून त्यांतून पाऊस पडूं लागतो. उन्हाळ्यांत तळीं, विहिरी, नद्या आटतात. पावसाळ्यांत त्या पाण्यानें तुडुंब भरतात. त्या वेळीं त्यांस गढूळ पाणी येतें; तें पुन्हा कांहीं काळानें निवळतें. हिवाळ्यांत झाडें दंवानें भरतात, कित्येक वेळां दाट धुकें पडतें; आणि तेलासारखें पातळ पदार्थ थिजून घट्ट होतात. हीं सृष्टिक्रमानुसार घडणारीं स्वाभाविक कार्यें होत. हीं चमत्कारिक तर खरींच, परंतु यांहीपेक्षां चमत्कारिक कार्यें मनुष्यानें आपल्या विद्येच्या सामर्थ्यावर येथें चालू केलीं आहेत. वाफेचें इंजन, गाणारें यंत्र, चलत् चित्रपट, विजेची ट्रॅम् व बिनतारी तारायंत्र, हीं आधुनिक शास्त्रज्ञांच्या अजब करामतीचीं उदाहरणें नाहींत असें कोण म्हणेल? वर सांगितलेलीं स्वाभाविक व मानवीं कार्यें ज्या तत्त्वांवर चाललीं आहेत त्यांचें क्रमशः सांगोपांग विवरण वास्तवशास्त्रांत केलेलें असतें.

यांपैकीं गाणारें यंत्रच कसें चालतें तें पाहा. यंत्राचे एका टोंकास लाविलेली टांचणी, तबकडी फिरतांना तिच्यावर कोरलेल्या खांचे-मधून फिरते. परंतु त्या खांचा इतक्या सूक्ष्म असतात कीं, एक किंवा दोन वेळां उपयोगांत आणलेली टांचणी पुढें उपयोगांत आणितां येत नाहीं. कारण तिचें टोंक झिजून मोठें होतें, आणि म्हणून तें खांचेंत बरोबर बसत नाहीं. दुर्बिणींतून किंवा सूक्ष्मदर्शक

यंत्रांतून पाहणें झाल्यास तो पदार्थ व सूक्ष्मदर्शक यांमधील अंतर तंतोतंत बरोबर ठेवावें लागतें. यावरून वास्तवशास्त्रांत सूक्ष्ममापन हाही एक महत्त्वाचा भाग आहे, हें कळून येईल. हा भाग समजण्यास सोपा असल्यामुळें आपण निरनिराळ्या प्रकारचें आद्यमापन कसें करतात तें पाहूं.

## एकधेय

लांबी, वजन, व्याप किंवा काल यांपैकीं कोणतेंही माप सांगावयाचें झाल्यास दोन गोष्टी सांगाव्या लागतात. एक संख्या व दुसरें एकधेय. उदाहरणार्थ तीन यार्ड, पांच पौंड, दहा घनयार्ड आठ सेकंड१०. यांत तीन, पांच, दहा व आठ हीं संख्या दाखवितात व यार्ड, पौंड, व घनयार्ड हीं अनुक्रमें एकधेयें दाखवितात. एकधेय व संख्या यांचा वेगवेगळा उच्चार केल्यानें कांहीं बोध होत नाहीं. यावरून सर्वांना मान्य असलेलें व सरकारी शिक्कामोर्तब झालेलें मापनाचें प्रमाण म्हणजेच एकधेय होय. आद्य एकधेयें तीन आहेत. ( १ ) आयामवाचक ( २ ) वस्तुमानवाचक ( ३ ) कालवाचक. प्रथम आपण आयामवाचक एकधेयाचा विचार करूं.

## मापनपद्धति

मापनाच्या दोन प्रकारच्या पद्धती प्रचारांत आहेत. ( १ ) ब्रिटिश पद्धति. ( २ ) मेट्रिक पद्धति. परंतु शास्त्रीय मापनांत पहिलीपेक्षां दुसरीचाच उपयोग अधिक करतात. व्यवहारांत मात्र पहिलीचा ब्रिटिश साम्राज्यांत व दुसरीचा युरोपखंडांमध्यें प्रसार अधिक आहे.

## लांबीमापन

अद्यापही आपण कित्येक पदार्थांची लांबी हात, वीत किंवा बोटें यांच्या आधारें सांगतों. कापडवाल्याकडे धोतरें मागतांना आपण त्यास दोन, किंवा अडीच हात हेंच रुंदीचें मान सांगतों, किंवा

चांभाराकडे जोडा तयार करण्यास सांगतांना दहा, बारा, किंवा पंधरा बोटें हेंच पायाच्या लांबीचें मान सांगतों. इंग्लंडमध्यें सुद्धां लांबी व रुंदी सांगण्याची हीच ओबडधोबड पद्धति प्रचारांत होती. आणि घोड्याची उंची सांगतांना हात हेंच उंचीचें मान अद्यापही वापरतात.

प्रत्येक मनुष्याचा हात, वीत किंवा बोटें सारख्याच लांबीचीं नसतात. म्हणून या मापावरून सांगितलेली लांबी, त्या पदार्थाची सामान्य कल्पना देईल; परंतु शास्त्रीय मापनांत किंवा चांगल्या कारागिरीस लागणाऱ्या मापनांत सुद्धां वरील मापानें मापलेली लांबी अगदीं उपयोगी पडणार नाहीं. एखाद्या भिंतींत बसविण्याच्या दरवाजाची लांबी रुंदी अशा मापानें मोजली तर तो त्या चौकटींत बरोबर बसणार नाहीं; याकरितां चौकटीची आणि दरवाजाची लांबी रुंदी दोरीनें मोजली पाहिजे.

वरील मापानें साधारण लांबी रुंदी मोजण्यांत दुसऱ्याही प्रकारची एक अडचण आहे. कल्पना करा, कीं तुम्हांस परगांवीं राहणाऱ्या सुताराकडून एक टेबल तयार करवावयाचें आहे आणि तुम्हीं त्यास चार हात लांब, दोन हात रुंद व तीन हात उंच अशा मापाचें टेबल तयार करण्यास सांगितलें तर त्यानें हात म्हणजे काय समजावें? कारण सर्वांचे हात सारख्या लांबीचे नसतात. त्याऐवजीं आपण अशी कल्पना करूं कीं, तुम्हांजवळ आणि त्या सुताराजवळ सारख्याच लांबीची लोखंडाची पट्टी आहे, तर तुम्हांस जरूर असलेल्या टेबलाच्या लांबीरुंदीची कल्पना त्यास या लोखंडी पट्टीवरून बरोबर देतां येईल; कारण मग तुम्ही त्यास टेबलाची लांबी, रुंदी, उंची त्या पट्टीच्या प्रमाणांत सांगाल आणि प्रत्येक सुताराजवळ अशा प्रकारची पट्टी असेल, तर कोणत्याही सुतारापासून तुम्हांस पाहिजे असलेलें टेबल तयार करून घेतां येईल.

यावरून तुम्हांस सहज कळून येईल कीं, सर्वांस मान्य असलेलें आणि सहज मिळूं शकेल असें, लांबीच्या मापाचें एकधेय असणें अत्यंत जरुरीचें आहे. मग त्यास तुम्ही कांहींही नांव द्या. पण मुख्य महत्त्वाची गोष्ट ही कीं, हें प्रमाणभूत माप वाटेल तेव्हां वाटेल त्यास मिळालें पाहिजे.

## लांबीचें एकधेय ( १ ब्रिटिश )

ब्रिटिश साम्राज्यांत लांबीचें एकधेय यार्ड हें आहे. लंडन येथें पदार्थसंग्रहालयांत ठेविलेल्या ब्रॉंझ धातूच्या पट्टीवरील दोन खुणांमधील अंतर म्हणजे यार्डाची लांबी होय. अपघातानें कदाचित् हा प्रमाणभूत यार्ड नाहींसा होईल, म्हणून अशाच प्रकारच्या पट्ट्या वेगवेगळ्या ठिकाणीं ठेविलेल्या आहेत. यार्डाची लांबी केवळ सांकेतिक आहे.

लांबीचें एकधेय यार्ड, याची लांबी फार मोठी असल्यामुळें त्यानें लहान लहान अंतरें मोजतां येणार नाहींत. म्हणून त्याचे तीन सारखे भाग केले असून, प्रत्येक भागास फूट असें म्हणतात. फुटाचे सारखे बारा भाग केले असून प्रत्येक भागास इंच असें नांव दिलें आहे.

मोठें अंतर मोजण्याकरितां मैल आणि फर्लांग हीं मापें उपयोगांत आणतात. एक मैल म्हणजे आठ फर्लांग, १७६० यार्ड, अगर ५२८० फूट एवढें अंतर.

## मेट्रिक

तुम्हांस हें कळून आलें असेलच कीं, कोणतीही सोयीची लांबी लांबीचें एकधेय म्हणून पसंत करण्यास हरकत नाहीं. यार्डाची लांबी ब्रिटिश लोकांनीं पसंत केली आहे. आणि मीटरची लांबी फ्रेंच लोकांनीं पसंत केली आहे आणि म्हणूनच एकीस 'ब्रिटिश पद्धति' व दुसरीस 'फ्रेंच' किंवा 'मेट्रिक पद्धति' असें म्हणतात.

या पद्धतींत लांबीचें एकधेय मीटर हा आहे. मीटरची लांबी

पॅरीस येथें ठेविलेल्या प्लॅटिनम् धातूच्या पट्टीवरील दोन खुणांमधील अंतराबरोबर आहे. याची लांबीसुद्धा यार्डाप्रमाणें केवळ सांकेतिक आहे. याचीच बरोबर एक प्रतिकृति लंडन येथें यार्डाशेजारीं ठेविली आहे. मीटरची लांबी यार्डापेक्षां थोडीशी मोठी आहे. त्याचीं लहान मोठीं मापें दशगुणपद्धतीनें केलेलीं आहेत.

| | | |
|---|---|---|
| १००० मिलीमीटर = | मीटर | = १/१० डेकॅमीटर. |
| १०० सेंटिमीटर = | | = १/१०० किलोमीटर |
| १० डेसीमीटर = | | = १/१००० हेक्टोमीटर |

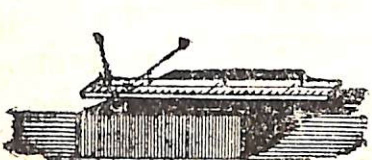
ब्रिटिश व मेट्रिक पद्धतींचा परस्पराशीं असलेला संबंध खालील कोष्टकांवरून कळून येईल.

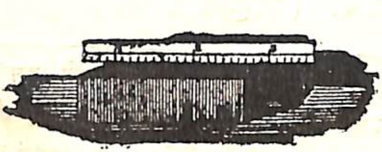
१ इंच=२·५४ सेंटिमीटर
१ मीटर = ३९·३७ इंच.

## लांबी मोजण्याच्या रीती

सरळ रेषा कशी मोजावी:–सरळ रेषेची लांबी कशी मोजावी, व ती मोजतांना कोणत्या गोष्टीकडे विशेष लक्ष दिलें पाहिजे हें बरोबर समजण्यासाठीं आपण एखाद्या लांकडी तुकड्याची लांबी मोजूं. ती मोजतांना खालील गोष्टींकडे लक्ष द्यावें.

आकृति १ ली–'अ'





आकृति १ ली–'ब'

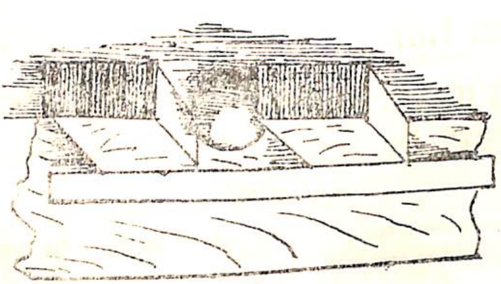
(१) लांबी मोजावयाच्या भागावर मोजपट्टी अशा रीतीनें ठेवावी कीं,तिचे सर्व भाग त्या

रेषेशीं पूर्णपणें जुळते बसतील. दिग्भेदाची* चूक टाळण्याकरितां ही काळजी घेणें जरूर आहे. (आकृति १ अ पहा).

( २ ) मोजपट्टीवरील अगदीं शेवटच्या टोंकापासून मोजण्यास सुरुवात करूं नये; कारण तीं प्राय: झिजलेलीं असतात. शेवटच्या टोंकाखेरीज कोणत्याही पूर्ण भागापासून मोजण्यास सुरवात करावी.

( ३ ) ज्या बिंदूपर्यंत आपणास लांकडी तुकड्याची लांबी मोजावयाची असेल त्या बिंदूपर्यंत जर मोजपट्टीचा पूर्ण भाग होत नसेल तर राहिलेला अपूर्ण भाग किती आहे हें सुद्धां पहावें. दिग्भेद टाळून कसें मोजावें हें आकृति १ ब वरून कळून येईल.

एखाद्या गोलाचा व्यास मोजावयाचा असेल तर दोन चौकोनी ठोकळे त्याच्या दोहों अंगास बरोबर लावून ठेवावे. त्या ठोकळ्यांमधील अंतर म्हणजेच गोलाचा व्यास होय. तें अंतर मोजपट्टीनें आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें मोजावें. (आकृति २ पहा).



आकृति २ री.

* दिग्भेद:—आपल्या डोळ्यासमोर पेन्सिल उभी करा; तिच्यामागें दुसऱ्या तीन पेन्सिली आडव्या सरळ रेषेंत उभ्या धरा. मधली पेन्सिल पुढलीशीं लंब रेषेंत असावी. प्रत्येक पेन्सिलीमागून तुम्ही त्या पेन्सिलीकडे पाहूं लागलां तर ती त्याच्याशीं एकाच रेषेत दिसेल. या दिसण्यासच 'दिग्भेद' म्हणतात.

## बांकदार किंवा वांकड्या रेषेची लांबी कशी मोजावी

लहान लहान सरळ रेषा मिळून सर्व प्रकारच्या वांकड्या रेषा बनतात. असे असंख्य लहान लहान रेषांचे तुकडे मोजले आणि या लहान सरळ रेषांनीं बनणारी वांकडी रेषा मोजली तर या दोन रीतीच्या मापनांत फरक पडणार नाहीं.

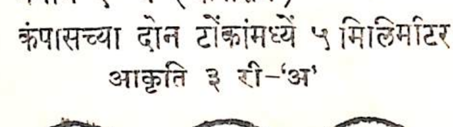
प्रयोग १ 'अ' (दोऱ्यानें)

एक रिळाच्या दोऱ्याचा तुकडा घ्या; आणि बांकदार रेषेच्या एका टोंकावर पेन्सिलीनें खूण करून, त्यावर दोऱ्याचें एक टोंक हाताच्या बोटाखालीं बळकट धरा. नंतर तिच्या लहानशा भागाशीं दोरा जितका मिळता करतां येईल तितका करा; आणि त्या ठिकाणीं आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें उजव्या हाताचें आंगठ्याजवळचें बोट ठेवा. उजव्या हाताच्या बोटाच्या ठिकाणीं डाव्या हाताच्या बोटानें दोरा दाबून धरून, उजव्या हातानें रेषेच्या पुढील भागाची लांबी पूर्वींप्रमाणेंच मोजा. रेषेच्या शेवटपर्यंत याप्रमाणें मोजल्यावर दोऱ्याच्या लांबीबरोबर रेषेची लांबी होईल (आकृति ३ 'ब' पहा).

प्रयोग १ 'ब' (कंपासनें)

कंपासच्या दोन टोंकांमध्यें ५ मिलिमीटर एवढें अंतर घेऊन दिले-

आकृति ३ री-'अ'





आकृति ३ री-'ब'

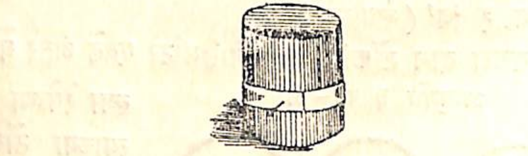
ल्या रेषेच्या टोंकावर त्याच्या टोंकानें खूण करा. आणि त्या खुणे-वर तुमच्या कंपासचें एक टोंक ठेवा; आणि त्यावर घेतलेल्या अंत-रावर दुसऱ्या टोंकानें खूण करा. तुम्ही मोजीत असलेल्या बांकदार रेषेवर याप्रमाणें किती

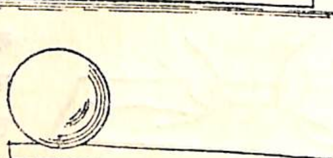
भाग होतात ते पहा. पांच मिलिमीटरपेक्षां एखादा लहान भाग जर शेवटीं राहील तर तोही मोजला पाहिजे. शेवटीं त्या रेषेची लांबी कंपासवर घेतलेल्या अंतरास भागाच्या संख्येनें गुणून काढा; आणि पांच मिलिमीटरहून लहान असा शेवटचा राहिलेला भाग त्या संख्येंत मिळवा. उदाहरणार्थ आपण घेतलेल्या रेषेवर पांच मिलि- मीटर एवढे पंचवीस भाग झाले व शेवटचा भाग दोन मिलिमीटर एवढा राहिला तर त्या रेषेची लांबी २५×५+२=१२७ मिलिमीटर अथवा १२·७ सेंटिमीटर एवढी होईल (आकृति ३ 'अ' पहा).

प्रयोग १ 'क' (कागदाच्या पट्टीनें)

लांकडी रुळाभोंवतीं कागदाची पट्टी गुंडाळा आणि जेथें कागदावर कागद चढतो, तेथें टांचणीनें खूण करा. मग कागदाची पट्टी उलगडून दोन खुणांमधील अंतर मोजपट्टीवर मोजा. या दोन खुणांमधील अंतर म्हणजे रुळाचा परीघ होय. (आ० ४ 'अ' पहा).

आकृति ४ थी–'अ'





आकृति ४ थी–'ब'

एका कार्डबोर्डच्या तुकड्यावरून तीन निरनिराळ्या त्रिज्येचीं वर्तुळें कापून घ्या. आणि त्यांच्या परिघावर कोठेंही खूण करा. नंतर खूण केलेली जागा मोजपट्टीवर सेंटिमीटरच्या कोणत्याही पूर्ण भागावर येईल अशा बेतानें ती त्यावर उभी धरा. तीच खूण पुन्हां पट्टीच्या भागावर येईपर्यंत तें चाकाप्रमाणें त्यावर फिरवा. ( आकृति ४ व ) मोज-पट्टीवरील या दोन टोंकांमधील अंतर म्हणजे वर्तुळाचा परीघ होय. ह्याच वर्तुळावर दोहोंबाजूस परिघापर्यंत मिळणारी सर्वांत मोठी रेषा काढा व मोजपट्टीनें तिची लांबी मोजा. ही रेषा वर्तुळाचा व्यास होय. तुमचीं आलेलीं उत्तरें खालीलप्रमाणें पत्रकांत मांडा.

| व्यास. | परीध. | $\frac{\text{परीघ.}}{\text{व्यास.}}$ = प. |
|---|---|---|
| ४ सें. मी. | १२·५६ | ३·१४ |
| ७ सें. मी. | २३·४ | ३·१२ |
| १० सें. मी. | ३१ | ३·१ |

शेवटीं परिघास व्यासानें भागून आलेली संख्या लिहा. ती जवळ जवळ सारखीच आलेली असेल. वर्तुळाचा व्यास आणि परीघ अतिशय काळजीपूर्वक मोजून, ही संख्या ३·१४१६ येते असें पूर्वीं सिद्ध झालें आहे. म्हणून ती 'पाय' (π) या ग्रीक अक्षरानें दाखविण्याचा प्रघात आहे. आपण तीच संख्या 'प' ह्या मराठी अक्षरानें दाखवूं. ज्याअर्थीं $\frac{\text{परीघ}}{\text{व्यास}}$ = प.

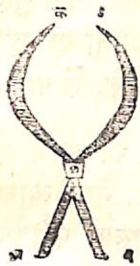
म्हणून परीघ = प×व्यास
= प×२ त्रिज्या
= २×त्रिज्या×प.

याप्रमाणें लहानमोठे रूळ किंवा गोल घेऊन वरील प्रमाण खरें असल्याचें सिद्ध करा; रूळ, गोल किंवा इतर वाटोळे पदार्थ यांचा व्यास साध्या कैवारानें मोजतां येतो.

## मापकें

कोणत्याही नियमित पदार्थाची लांबीरुंदी मोजण्याकरितां सोयीप्रमाणें निरनिराळ्या मापकांचा उपयोग करितात. समजा, तुम्हांस तुमच्या खोलीची लांबी मोजावयाची आहे; त्यावेळीं तुम्ही कोणत्या मापकाचा उपयोग कराल? अर्थात् टेपचा. कारण लांबी फार मोठ्या प्रमाणांत मोजावयाची आहे आणि मोजण्यांत अर्ध्या पाव फुटाची चूक झाली तरी फारसें बिघडत नाहीं. शिवाय टेप ही कापडाची पट्टी असल्यामुळें, ती वाटेल तेवढी मोठी असली तरी गुंडाळी करून खिशांतून नेतां येते. टेबलाची लांबीरुंदी मोजतांना टेपची जरुरी नाहीं. साध्या मोजपट्टीनें देखील ती मोजतां येते; परंतु पेन्सिलीसारख्या लहान पदार्थाची लांबी,गोलाचा व्यास अगदीं, तंतोतंत मोजवयाचा असल्यास मोजपट्टीचा उपयोग होत नाहीं. कारण कित्येक ठिकाणीं मोजपट्टी पदार्थावर ठेवितां येत नाहीं आणि दुसऱ्या कित्येक ठिकाणीं मोजावयाचा पदार्थच इतका सूक्ष्म असतो कीं, तो मोजतां येईल इतके सूक्ष्म भाग पट्टीवर कोरलेले नसतात. म्हणून निरनिराळ्या प्रकारचीं मापकें तयार केलीं आहेत त्यांचा आपण आतां क्रमशः विचार करूं.

## (१ )कैवार.
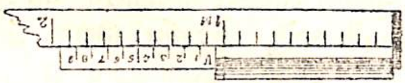


साध्या कैवाराची रचना आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें असते. याचा उपयोग गोलाचा, रुळाचा किंवा पोकळ नळीचा आंतील, त्याचप्रमाणें बाहेरील व्यास मोजण्याकडे करतात. आंतील व्यास मोजण्याकरितां यांचीं खालचीं टोंकें बाहेरील बाजूस मुद्दाम वळविलेलीं असतात. ( आ. ५ पहा ).
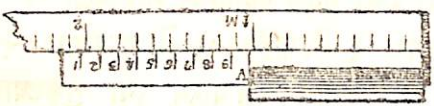
आकृति ५ वी.

## ( २ ) व्हर्नीअर पट्टी*

हिनें कोणत्याही लहानशा पदार्थाची लांबी तंतोतंत बरोबर मोजतां येते. ज्या तत्त्वावर इची रचना केली आहे, त्यावरून हिला मराठींत व्हर्नीअर पट्टी हें नांव दिलें आहे. या पट्टीचे दोन भाग असतात. एक चल व दुसरा अचल. पहिल्यास मुख्य पट्टी व दुसऱ्यास 'व्हर्नीअर पट्टी' असें म्हणतात. मुख्य पट्टी म्हणजे साधी इंच अगर सेंटिमीटरची पट्टी होय. यावर इंचाचे अगर सेंटिमीटरचे दहा सारखे भाग केलेले

आकृति ६–'अ'





आकृति ६–'ब'

*ही पट्टी Paul Vernier यानें शोधून काढली म्हणून ती त्याच्या नांवानें ओळखली जाते.

असतात. यांपैकीं नऊ भागांएवढें अंतर घेऊन त्याचे 'व्हर्नीअर' पट्टीवर दहा सारखे भाग केलेले असतात; आणि ही 'व्हर्नीअर' पट्टी मुख्य पट्टीवर पुढें मागें फिरवितां येते (आकृति ६ 'ब' पहा). आतां या पट्टीनें एखाद्या पेन्सिलीच्या तुकड्याची लांबी कशी मोजतां येते, तें पाहूं:—

प्रथम तो तुकडा मुख्य पट्टीवर अशा बेतानें ठेवा, कीं त्याचें एक टोंक मुख्य पट्टीवरील कोणत्याही पूर्ण भागावर असेल. नंतर त्याच्या दुसऱ्या टोंकाशीं 'व्हर्नीअर' पट्टीचें टोंक भिडवा. मुख्य पट्टीवरून तुम्हांस तुकड्याची लांबी एक सेंटिमीटरहून मोठी व १·१ सेंटिमीटरहून लहान असल्याचें दिसून येईल. लांबीचा पुढील अपूर्णांक बरोबर समजण्यासाठीं 'व्हर्नीअर' पट्टीवरील कोणता भाग मुख्य पट्टीवरील भागाशीं जुळता होतो तें पहा. आपल्या आकृतींत 'व्हर्नीअर' पट्टीवरील पांचवा भाग मुख्य पट्टीवरील भागाशीं बरोबर जुळतो. आतां 'व्हर्नीअर' पट्टीवरील जुळत्या झालेल्या भागापासून जेथें तिचें टोंक पेन्सिलीच्या टोंकास लागलें आहे, तेथपर्यंत तिच्या आणि मुख्य पट्टीच्या भागामधील अंतर कसकसें वाढत जातें तें पहा. 'व्हर्नीअर' पट्टीवरील चौथा भाग मुख्य पट्टीवरील भागापेक्षां ·१ नें पुढें आहे; तिसरा ·२ नें, दुसरा ·३ नें, पहिला ·४ नें, शून्यभाग ·५ नें मुख्य पट्टीवरील भागाच्या पुढें आहे. यावरून त्या तुकड्याची लांबी (१+·०५) १·०५ सेंटिमीटर झाली.

दुसऱ्याही प्रकारची 'व्हर्नीअर' पट्टी प्रचारांत आहे. हिच्यांत मुख्य पट्टीवरील अकरा भागा एवढ्या अंतराचे चलपट्टीवर दहा सारखे भाग केलेले असतात. म्हणून 'व्हर्नीअर' पट्टीचा प्रत्येक भाग मुख्य पट्टीवरील भागापेक्षां १/१० नें मोठा असतो. लांबी मोजतांना पदार्थ ठेवण्याची वगैरे सर्व योजना पहिल्या पट्टीप्रमाणेंच करा. फक्त

पहिल्या पट्टीवर मोजलेला फरक लांबींत मिळविलात, तो या पट्टीवरील फरक वजा करून लांबी काढा. (आकृति ६ 'अ' पहा).

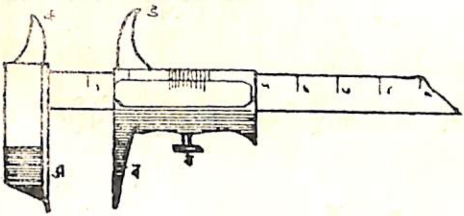
सारांश, पट्टीचा उपयोग करतांना खालील गोष्टींकडे लक्ष्य द्यावें;

(१) चलपट्टीवरील भाग मुख्य पट्टीवरील भागांपेक्षां कितीनें लहान किंवा मोठा आहे.

(२) चलपट्टीवरील कोणता भाग मुख्य पट्टीवरील भागाशीं मिळता होतो.

## ( ३ ) पट्टी कैवार

एका लहान पोलादी पट्टीवर सेंटिमीटरच्या किंवा इंचाच्या खुणा कोरलेल्या असतात, तिच्या एका टोंकास अ ही उभी पट्टी कायमची बसविलेली असते.व 'ब'या दुसऱ्या चलपट्टीवर व्हर्नीअर पट्टीच्या रेषा कोरिलेल्या असतात.




आकृति ७ वी.

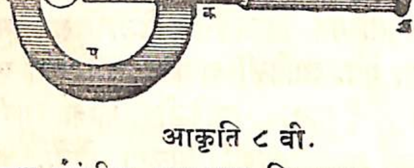
ही पट्टी स या स्क्रूनें एके जागीं घट्ट बसवितां येते किंवा ती ढिली करून मुख्य पट्टीवर मागें पुढें सरकवितां येते. ज्यावेळीं अ व ब या पट्टया एकमेकांशीं बरोबर मिळत्या होतात, त्यावेळीं फरक पट्टीचा शून्य बिंदु मुख्य पट्टीवरील शून्य बिंदूशीं मिळता होतो. ज्या पदार्थाची जाडी मोजावयाची असेल तो 'अ' या उभ्या पट्टीस चिकटून ठेवा व 'ब' ही चलपट्टी त्याच्या दुसऱ्या अंगास भिडवा. नंतर मागें सांगितल्याप्रमाणें मुख्य पट्टीशीं चलपट्टीचा जो भाग मिळता होत असेल त्यावरून तिची जाडी मोजा. (आकृति ७ पहा).

पट्टी कैवाराचा उपयोग साध्या कैवाराप्रमाणेंच गोलाचा व्यास, पोकळ नळीचा आंतील बाहेरील व्यास, किंवा कागदाची जाडी मोजण्याकडे होतो. यानें मोजलेलें माप साध्या कैवारानें मोजलेल्या मापापेक्षां पुष्कळच बिनचूक असतें.

## (४) 'स्क्रू' कैवार

पेटीच्या बिजागिऱ्या बसविण्यास किंवा यंत्राचे निरनिराळे भाग जोडण्यास उपयोगी पडणारा स्क्रू प्रत्येकानें पाहिला असेलच. यानें यंत्राचे भाग त्यास कोणत्याही प्रकारची इजा न करितां उलगडतां किंवा जोडतां येतात. थोडासा फरक करून यापेक्षां अगदीं निराळ्या कामाकडे याचा उपयोग होतो. एका पूर्ण वेढ्यानें तो एक आटा एवढें अंतर मागें किंवा पुढें जातो याच तत्त्वावर स्क्रू कैवाराची रचना केली आहे.

तो कसा असतो हें आकृतीवरून कळून येईल. प या अर्धवर्तुळाकार दांड्यास क हा पोकळ रूळ जोडला आहे. क च्या आंतील बाजूस स्क्रूचे आटे कोरलेले आहेत.




आकृति ८ वी.

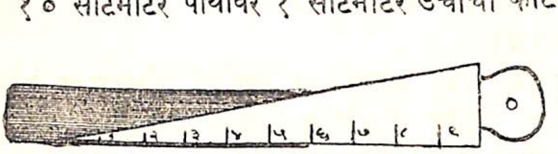
क च्या आंतील आट्यावर फिरणारा स हा कैवाराचा पुढें आलेला दांडा आहे. स, ही बाही कैवाराच्या डोक्यास जोडलेली आहे. बाहीच्या $स_2$ या शेवटाचे ५० किंवा १०० सारखे भाग केलेले असतात. स आणि द हीं दांडाचीं टोंकें मुद्दाम साफ केलेलीं असतात. कारण या दोन टोंकांमध्येंच जिचा व्यास मोजावयाचा

आहे ती तार धरावयाची असते. ज्या वेळीं द आणि स यांच्या पातळ्या एकमेकांस चिकटलेल्या असतात, त्या वेळीं स$_{२}$ वरील शून्यबिंदू क वरील शून्यबिंदूशीं अगदीं तंतोतंत मिळता असतो.

मापनास सुरवात करण्यापूर्वी क पट्टीवरचे भाग इंचाचे आहेत का सेंटिमीटरचे आहेत तें पहा. बहुतकरून क पट्टीवर एक सेंटिमीटर एवढ्या अंतराचे दहा सारखे भाग केलेले तुम्हांस आढळून येतील; म्हणजे प्रत्येक भाग एक मिलिमीटर एवढा असेल. त्याचा आटा प्रथम मोजा; तो सामान्यतः १ मिलिमीटर एवढा असतो. नंतर स$_{२}$ यावरील भाग मोजा. बहुधा ते १०० असलेले तुम्हास आढळून येतील. पूर्वीप्रमाणेंच ती तार द दांड्याच्या पातळीशीं चिकटून धरा. नंतर तिच्या दुसऱ्या बाजूस स दांड्याचें टोंक आणून भिडवा. कल्पना करा कीं, याप्रमाणें तार दोन दांड्याच्या पातळींत असतांना, क पट्टीवरील १ भाग उलगडला असून, स$_{२}$ ही बाही शून्य बिंदूपासून ५८ भाग पुढें सरली आहे. म्हणून तारेचा व्यास १·५८ मिलिमीटर, किंवा १·१५८ सेंटिमीटर एवढा होईल.

## (५) त्रिकोण पट्टी

१० सेंटिमीटर पायावर १ सेंटिमीटर उंचीचा काटकोन त्रिकोण काढा आणि या त्रिकोणाबरहुकूम कार्डबोर्डचा



आकृति ९ बी.

तुकडा कापा, म्हणजे ही पट्टी तयार होईल. वर सांगितलेल्या त्रिकोणाच्या पायावर वरच्या बाजूस मिळतील अशा एकेक सेंटिमीटरच्या अंतरावर लंबरेषा काढा. मुख्य त्रिकोणांत पायाचें

लंब रेषेशीं प्रमाण $\frac{१}{१०}$ येतें. तेंच प्रमाण बाकीच्या लंब रेषेचें त्याच्या पायांशीं येतें कां नाहीं तें पहा. तें एकच येतें असें तुम्हास अढळून येईल. याच तत्त्वावर त्रिकोणपट्टीची रचना केली आहे. तिच्या दोन बाजू पोकळ नळीच्या दोहों टोंकास लागेपर्यंत ती आंत सारा ( आकृति ९ पहा ). तिचा पाया नळीच्या आंतील पृष्ठभागास समांतर असून मिळता असला पाहिजे. ज्या ठिकाणीं पट्टीच्या दोन्ही बाजू नळीच्या आंतील पृष्ठभागास लागतील, त्या ठिकाणची तिची उंची म्हणजेच त्या नळीचा आंतील व्यास होय. ही उंची त्रिकोण पट्टीचा जेवढा पाया आंत गेला असेल त्याच्या एक दशांशाबरोबर असते. तुम्ही तयार केलेल्या त्रिकोण पट्टीचा ६ सेंटिमीटर एवढा पाया जर नळींत असेल तर तिचा व्यास ·६ सेंटिमीटर एवढा असेल.

यावरून हिचा उपयोग वर्तुळाकृति नळीचा आंतील व्यास मोजण्याकडे करतात हें तुम्हांस कळून येईल.

---

## प्रश्न.

१ वास्तवशास्त्र शिकल्यानें सृष्टींत घडणाऱ्या कोणत्या क्रियांचें तुम्हांस सकारण विवेचन करतां येईल? त्यांत प्रथम आद्यमापनापासूनच सुरुवात कां करावी?

२ मापनांत एकधेयाची जरूरी कां भासते? ब्रिटिश व मेट्रिक पद्धतींत लांबीचीं एकधेयें कोणतीं व तीं कशीं ठरविलीं? त्यांपैकीं तुमच्या मतें सोयीची पद्धति कोणती व त्याचीं कारणें काय?

३ हेक्टोमीटरचे मैल, यार्ड व फूट करा.

४ धवलगंगा शिखराची उंची २७००० फूट आहे, तर ती मीटरमध्यें किती भरेल? [ उत्तर २ दशांश स्थळापर्यंत ].

५ बांकदार रेषेची किंवा वेड्यावांकड्या पदार्थाची लांबी किती रीतींनीं मोजतां येते त्याचें सविस्तर वर्णन करा.

६ वर्तुळाचा व्यास व परीघ कसा मोजतात? त्यावरून तुम्ही नित्य प्रमाण कसें काढतां?

७ मापकांचा उपयोग कोठें व कसा करतात? त्यांपैकीं एकाची सविस्तर माहिती द्या.

८ त्रिकोण पट्टीचा उपयोग कोणत्या तत्त्वावर केला आहे? ती तुम्ही कशी तयार कराल व तिचा उपयोग कोठें कराल?

९ रुपयाचा व्यास ३ सेंटिमीटर असतो, तर त्याचा परीघ किती?

१० एका गाडीच्या पुढच्या चाकाचा व्यास ४·२ फूट आहे, आणि मागील चाकाचा व्यास ५·६ फूट आहे. ती गाडी ५ मैल गेली असतां मागल्यापेक्षां पुढल्या चाकाचे फेरे किती अधिक होतील?

११ रुपया, चवली, अधेली, टांचणी यांची जाडी कशी मोजाल, त्याचें सविस्तर वर्णन द्या.

१२ एक मुलगा व्यायाम घेण्याकरितां वर्तुळाकृति बागेभोंवतीं पळत होता. त्या वर्तुळाचा व्यास १५० सेंटिमीटर आहे, तर ४० फेऱ्या घातल्या म्हणजे, तो किती लांब चालला असें होईल? [ उत्तर मैलांत काढा ].

# प्रकरण २ रें.

## क्षेत्रफळ म्हणजे काय

एखाद्या खोलीचा पृष्ठभाग किती आहे हें दाखवावयाचें झाल्यास फक्त लांबी अगर रुंदी दाखवून चालणार नाहीं, कारण लांबी बरोबर रुंदीही वाढली किंवा कमी झाली, तर पृष्ठभाग वाढेल किंवा कमी होईल. म्हणून दोहोंवर अवलंबून असलेला पृष्ठभाग, त्यांच्या गुणाकारानें दाखवितात. आणि आलेल्या गुणाकारास त्याचें क्षेत्रफळ असें म्हणतात. त्याचप्रमाणें वर्तुळाचा परीघ त्याची त्रिज्या जसजशी वाढवावी तसतसा वाढतो, व जसजशी कमी करावी तसतसा कमी होतो. म्हणून वर्तुळाचें क्षेत्रफळ काढतांना त्याच्या त्रिज्येचा व परीघाचा विचार करावा लागतो. यावरून कोणत्याही नियमित किंवा वेडयावांकडया आकृतीचें क्षेत्रफळ काढतांना, ती ज्या रेषांनीं मर्यादित झाली असेल त्याचाच विचार करावा लागतो. म्हणून कसल्याही रेषांनीं मर्यादित झालेल्या आकृतीनें आच्छादिलेल्या जागेस तिचें क्षेत्रफळ असें म्हणतात.

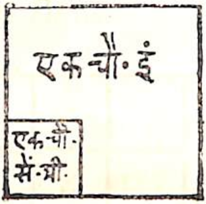
## क्षेत्रफळाचें एकधेय

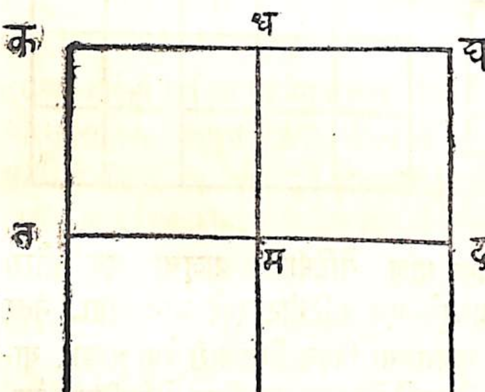
तुम्ही आपल्या वहीवर एक इंच बाजूचा आणि एक सेंटिमीटर बाजूचा असे दोन चौरस जवळ जवळ काढा. पहिल्याच्या क्षेत्रफळास एक चौरस इंच व दुसऱ्याच्या क्षेत्रफळास एक चौरस सेंटिमीटर असें म्हणतात (आकृति १० पहा).

त्याचप्रमाणें एक फूट बाजूच्या चौरसाचें क्षेत्रफळ एक चौरस फूट असतें; आणि एक मीटर बाजूच्या चौरसाचें क्षेत्रफळ एक चौरस मीटर असतें.

तुम्ही आपल्या वहींत दोन इंच बाजूचा एक चौरस काढा आणि त्याला कखगघ असें नांव द्या; आणि प्रत्येक बाजूचे त, थ, द, ध, हे मध्यबिंदू काढा आणि तद व थध, हे बिंदू एकमेकास जोडा. तुम्ही काढलेल्या रेषा परस्परांस म या बिंदूंत मिळतील. असें केल्यानें तुम्हांस एक इंच बाजूचे (१) कतमध (२) तमथख, इत्यादि चार चौरस मिळतील; आणि प्रत्येकाचें क्षेत्रफळ एक चौरस इंच आहे, म्हणून कखगघ या मोठ्या चौरसाचें क्षेत्रफळ ४ चौरस इंच येईल ( आकृति ११ पहा ).

आकृति १० वी.



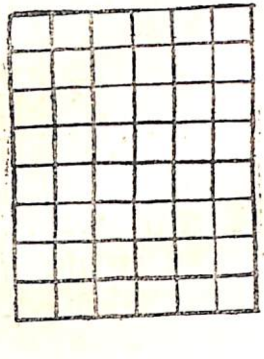

आकृति ११ वी.

चार ही संख्या २ आणि २ यांचा गुणाकार आहे, आणि चौरसाची एक बाजू दोन इंच लांब आहे हें लक्षांत ठेवा.

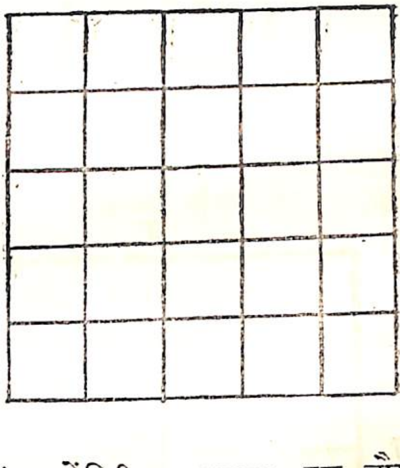
त्याचप्रमाणें जर चौरसाची बाजू दोन फूट, दोन यार्ड किंवा

दोन मीटर असेल तर क्षेत्रफळ अनुक्रमें चार चौरस फूट, चार चौरस यार्ड किंवा चार चौरस मीटर एवढें येईल.

आकृति १२ वी.



आकृति १३ वी.



तुम्ही आपल्या वहीवर पांच सेंटिमीटर बाजूचा एक चौरस काढा; आणि प्रत्येक बाजूचे एक सेंटिमीटरएवढे भाग पाडा. नंतर प्रत्येक बिंदूतून त्याच्या समोरच्या बिंदूस मिळणारी रेषा काढा. याप्रमाणें बनलेल्या प्रत्येक चौरसाचें क्षेत्रफळ एक चौरस सेंटिमीटर येईल.

आतां तुम्हांला सहज कळून येईल कीं, मोठ्या चौरसांत लहान चौरसांच्या पांच रांगा आहेत, आणि प्रत्येक रांगेत पांच लहान चौरस आहेत. म्हणून एकंदर चौरसांची संख्या २५ झाली. २५ ही संख्या पांच आणि पांच यांचा गुणाकार आहे आणि मोठ्या आकृतीचें क्षेत्रफळ २५ चौरस सेंटिमीटर आहे (आकृति १२ पहा).

त्याचप्रमाणें जर चौरसाची बाजू आठ सेंटिमीटर लांब असेल तर आंत लहान चौरसांच्या आठ रांगा झाल्या असत्या; प्रत्येक

लहान चौरसाचें क्षेत्रफळ एक चौरस सेंटिमीटरएवढें असतें, आणि असे चौरस प्रत्येक रांगेंत आठ बसले असते, म्हणून त्याचें क्षेत्रफळ ६४ ( ८ × ८ ) चौरस सेंटिमीटर झालें असतें.

वरील प्रयोगावरून तुम्हांस कळून येईल कीं, कोणत्याही चौरसाचें क्षेत्रफळ त्याच्या बाजूचे लांबीचा वर्ग करून काढितां येतें.

**प्रयोग ३ रा.** काटकोन चौकानाचें क्षेत्रफळ काढणें.

-- तुमच्या वहींत ८ सेंटिमीटर लांबीचा व ६ सेंटिमीटर रुंदीचा एक काटकोन चौकोन काढा; आणि त्याचे असे भाग करा कीं, प्रत्येक भाग एक चौरस सेंटिमीटरएवढा होईल. तुम्हांला सहजच दिसेल कीं, यांत सहा रांगा असून प्रत्येकांत आठ चौरस आहेत. किंवा दुसऱ्या बाजूनें पाहिलें तर यांत आठ रांगा असून प्रत्येकांत सहा चौरस आहेत; म्हणून एकंदर चौरसाची संख्या ४८ ( ८ × ६ ) झाली आणि प्रत्येक चौरसाचें क्षेत्रफळ १ चौरस सेंटिमीटर आहे. म्हणून काटकोन चौकोनाचें क्षेत्रफळ ४८ चौरस सेंटिमीटर होईल.

वरील प्रयोगावरून तुम्हांस कळून येईल कीं, काटकोन चौकोनाचें क्षेत्रफळ लांबीरुंदीच्या गुणाकाराबरोबर असतें ( आकृति १३ पहा ).

ब्रिटिश पद्धतींत क्षेत्रफळाचें एकधेय चौरस इंच आहे, आणि मेट्रिक पद्धतींत चौरस सेंटिमीटर आहे. वरील दोन्ही पद्धतींत क्षेत्रफळाचीं लहानमोठीं मापें खालीलप्रमाणें आहेत:—

### ब्रिटिश पद्धत

१२×१२ चौरस इंच = १ चौरस फूट.

३×३ चौरस फूट = १ चौरस यार्ड.

## मेट्रिक पद्धति

(१०×१०) १०० चौरस मिलिमीटर = १ चौरस सेंटिमीटर.

(१०×१०) १०० चौरस सेंटिमीटर = १ चौरस डेसिमीटर.

(१०×१०) १०० चौरस डेसिमीटर = १ चौरस मीटर.

## मापनांत होणाऱ्या चुका

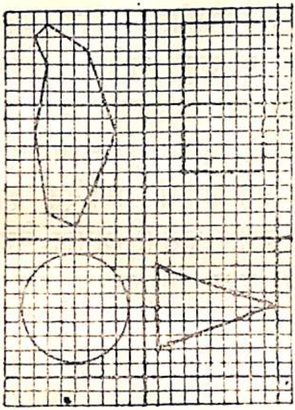
विद्यार्थ्यानें लक्ष्यांत ठेवावें कीं, लांबी व रुंदी किंवा सामान्यपणें सरळ रेषा मोजतांना ज्या चुका होतात त्याच क्षेत्रफळ मोजतांना झाल्या तर त्याच्या मापांत फार मोठी चूक होते. कारण लांबी रुंदी मोजण्यांत झालेली थोडी चूक त्यांच्या गुणाकारांत फार वाढते. उदाहरणार्थ, एका काटकोन चौकोनाची लांबी ८ सेंटिमीटर व रुंदी ६ सेंटिमीटर असेल तर त्याचें क्षेत्रफळ ४८ चौरस सेंटिमीटर होईल, आतां लांबी ८ ऐवजीं ८·१ सेंटिमीटर मोजली तर क्षेत्रफळ ४८·६ चौरस सेंटिमीटर होईल. यावरून लांबी जर एकच मिलिमीटरनें वाढली तर क्षेत्रफळांत ६ चौरस मिलिमीटरनें वाढ होते; म्हणून क्षेत्रफळ मोजतांना लांबी, रुंदी, व्यास वगैरे अगदीं बरोबर मोजावे.

## वेड्यावांकड्या आकृतीच्या क्षेत्रफळाचें मापन

नियमित आकृतींचें क्षेत्रफळ ज्या रीतीनें मोजतात, त्या रीतीनें वेड्यावांकड्या आकृतींचें क्षेत्रफळ मोजतां येणार. नाहीं, म्हणून दोन्ही-ही प्रकारच्या आकृतींचें क्षेत्रफळ आलेखपत्रावरून मोजतात.

## प्रयोग ४ था.

आकृतीमध्यें दाखविल्याप्रमाणें कांहीं नियमित व कांहीं वेड्या-वांकड्या आकृती आलेखपत्रावर काढा. नंतर त्यावरील एका लहान चौरसाचें क्षेत्रफळ काढा. तुम्ही काढलेल्या आकृतींत हे लहान



आकृति १४ बी.

चौरस किती आहेत ते मोजा. अर्धा किंवा अर्ध्याहून अधिक चौरस जर तुमच्या आकृतींत येत असेल, तर त्यास पूर्ण चौरस समजून त्याचीही वरील मोजण्यांत गणती करा. चौरसाचा निम्म्यापेक्षां कमी भाग जर तुमच्या आकृतींत येत असेल तर, तो सोडून द्या. चौरसाच्या संख्येस एका चौरसाच्या क्षेत्रफळानें गुणिलें म्हणजे काढिलेल्या आकृतीचें क्षेत्रफळ येईल (आकृति १४ पहा).

नंतर त्या त्या नियमित आकृतींचें क्षेत्रफळ भूमितीच्या नियमाप्रमाणें किती येतें तें काढा; आणि नंतर तें वरील पद्धतीनें काढिलेल्या क्षेत्रफळाबरोबर आहे कीं नाहीं तें पहा.

भूमितींतील नियमाप्रमाणें:—

त्रिकोणाचें क्षेत्रफळ = $\frac{१}{२}$ (पाया×उंची)

चौरसाचें ,, = $\text{बाजू}^{२}$

वर्तुळाचें ,, प × $\text{त्रिज्या}^{२}$ (प = ३·१४)

काटकोन चौकोनाचें ,, = लांबी × रुंदी

समांतरभुज चौकोनाचें ,, = पाया × लंब उंची

***व्याप म्हणजे काय ?**

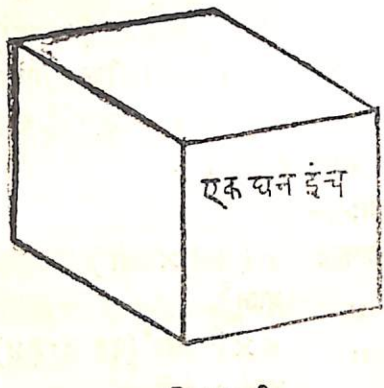
ज्या पदार्थास लांबी, रुंदी किंवा जाडी आहे तो कांहीं तरी

* व्याप (Volume) या शब्दाऐवजीं 'आकारमान' हाही शब्द योजावा.

जागा व्यापतो. या व्यापिलेल्या जागेस त्या पदार्थाचा व्याप असें म्हणतात. उदाहरणार्थ, पुस्तक, त्यानें व्यापिलेली जागा त्याच्या लांबी, रुंदी व जाडी यांपैकीं प्रत्येकावर अवलंबून आहे. कारण यांपैकीं एकाची थोडीशी जरी वाढ झाली तरी व्यापांतही वाढ होते. म्हणून त्याचा व्याप लांबी, रुंदी व जाडी यांच्या गुणाकारानें दाखवितात, आणि सामान्यपणें तो पदार्थ ज्या रेषांनीं मर्यादित झाला असेल त्या सर्वांचा, व्याप काढतांना विचार करावा लागतो. वेड्यावांकड्या आकृतींच्या पदार्थांचा व्याप मात्र निराळ्याच पद्धतीनें काढावा लागतो, त्याचा विचार पुढें करूं.

**व्यापाचें एकधेय** (ब्रिटिश)

घन हा स्थाणु पदार्थ असून त्यास सहा सारख्या बाजू असतात आणि प्रत्येक बाजू चौरस असते. घनाचे सर्व कोन काटकोन असतात, आणि त्याची लांबी, रुंदी व जाडीही सारखी असते.



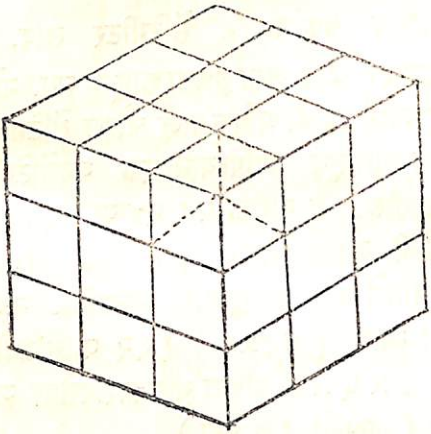

आकृति १५ वी.

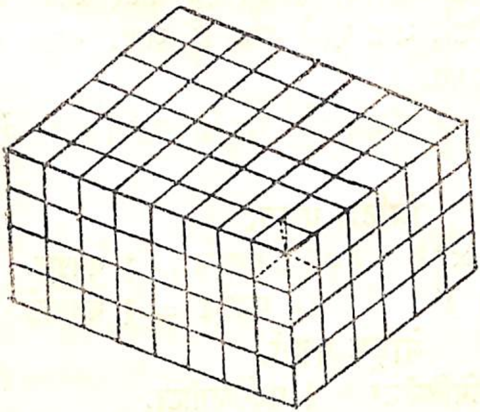
याप्रमाणें घनाची लांबी, रुंदी व जाडी प्रत्येकीं एक इंच असेल तर त्यास 'एक इंचाचा घन' असें म्हणतात. (आकृति १५ पहा). जर एक फूट असेल तर 'एक फुटाचा घन' असें म्हणतात. आणि या घनांचा व्याप अनुक्रमें एक घनइंच किंवा एक घनफूट आहे असें म्हणतात. हेंच ब्रिटिश पद्धतींत व्यापाचें एकधेय आहे.

**प्रयोग ५ वा.** तीन इंच बाजूच्या घनाचा व्याप काढणें.

एका बर्फाच्या मोठ्या तुकड्यांतून तीन इंच बाजूचा घन कापून घ्या. मोजपट्टी आणि चाकू यांच्या साहाय्यानें त्याची प्रत्येक बाजू चौरस इंचांमध्यें विभागा. या प्रत्येक भागांतून तो कापिल्यानें, प्रत्येकीं एक घनइंच व्यापाचे घन तुम्हांस मिळतील. व हे बारीक घन एकावर एक रचून पूर्वीप्रमाणें मोठा घन तयार केल्यास, प्रत्येक थरांमध्यें नऊ या प्रमाणें तीन थर होतील ( आकृति १६ पहा ). म्हणून या मोठ्या घनाचा व्याप २७ ( ३ × ९ ) घन-इंच होईल.

आकृति १६ वी.





आकृति १७ वी.

आतां २७ ही संख्या ३×३×३ याबरोबर आहे आणि

घनाची लांबी, रुंदी व जाडी प्रत्येकीं ३ इंचच आहे, म्हणून कोणत्या-ही घनाचा व्याप त्याच्या बाजूचे लांबीचा घन करून काढतात.

**मेट्रिक**

**प्रयोग ६.** पूर्वींप्रमाणेंच बर्फाचा ८ सेंटिमीटर लांब, ६ सेंटिमीटर रुंद व ४ सेंटिमीटर जाड असा तुकडा कापून घ्या. मोज-पट्टी व चाकू यांच्या सहाय्यानें त्याची प्रत्येक बाजू चौरस सेंटिमीटर-मध्यें विभागा. या प्रत्येक भागांतून कापिल्यानें एक घनसेंटिमीटर व्यापाचें घन तुम्हांस मिळतील. हे बारीक घन एकावर एक रचून पूर्वींप्रमाणें मोठा चौकोनी तुकडा तयार करा. असें केल्यानें प्रत्यक थरामध्यें ४८ याप्रमाणें चार थर तुम्हांस मिळतील. म्हणून या चौकोनी तुकड्याचा व्याप (४८×४) १९२ घनसेंटिमीटर होईल. १९२ ही संख्या ८ × ६ × ४ यांच्या गुणाकाराबरोबर आहे हें तुम्हांस कळून येईलच ( आकृति १७ पहा ).

मेट्रिक पद्धतींतसुद्धां व्यापाचें एकधेय एक मीटर लांब, एक मीटर रुंद व एक मीटर, जाड एवढी जागा हें आहे. यासच एक **घनमीटर** असें म्हणतात.

दोन्हीही पद्धतींत खालीलप्रमाणें व्याप मोजण्याचीं लहान मोठीं मापें आहेत.

**ब्रिटिश पद्धत.**

( १२×१२×१२ ) १७२८ घनइंच = १ घनफूट.
( ३×३×३ ) २७ घनफूट = १ घनयार्ड.

**मेट्रिक पद्धत.**

१००० घनमिलिमीटर = १ घनसेंटिमीटर.
१००० घनसेंटिमीटर = १ घनडेसिमीटर.
१००० घनडेसिमीटर = १ घनमीटर.

एक घनडेसिमीटरच्या ( १००० घनसेंटिमीटर ) व्यापास एक 'लिटर' असें म्हणतात. सामान्यतः या एकधेयाचा प्रवाही ( द्रव व वायुरूप ) पदार्थांचा व्याप मोजण्याकडे उपयोग करितात.

**ब्रिटिश व मेट्रिक मापाचें तुलनात्मक कोष्टक.**

१ इंच = २·५४ सेंटिमीटर.

१ चौरस इंच = ( २·५४×२·५४ ) ६·४५ चौरस सेंटिमीटर.

१ घन इंच = (२·५४×२·५४×२·५४) १६·३८ घन सेंटिमीटर.

यावरून दोन्हीही पद्धतींतील लहानमोठ्या मापांची तुलना करितां येईल.

ब्रिटिश पद्धतींत द्रव मोजण्याकडे 'गॅलन' ह्या सांकेतिक मापाचा उपयोग करतात. ६·२५ गॅलन = १ घनफूट.

## प्रयोग ७ वा.

कांहीं नियमित आणि वेड्यावांकड्या आकृतींच्या स्थाणु पदार्थांचा व्याप ठरविणें.

लाकडाचे घन, गोल व रूळ घ्या; त्याचप्रमाणें एक वेड्यावांकड्या आकृतीचा दगड घ्या. घनाची एक बाजू, गोलाची त्रिज्या व रुळाच्या आडव्या छेदाचा व्यास व उंची मोजा. खालीं दिलेल्या भूमितींतील नियमानें प्रत्येकाचा व्याप ( आकारमान ) काढा.

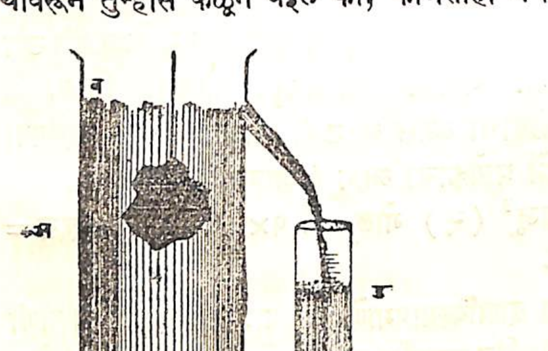
( १.) घन = बाजू$^3$ ( २ ) गोल = $\frac{4}{3}$ प×त्रिज्या$^3$; ( ३ ) रूळ = प×त्रिज्या$^2$ × उंची.

नंतर आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें 'अ' पात्रांत व खुणेपर्यंत पाणी घ्या. मग दिलेल्या नियमित पदार्थास टांचणी टोंचून अगर बारीक दोरा बांधून वेगवेगळा तो पाण्यांत बुडवा. म्हणजे 'क' तोटीवाटें पाणी बाहेर ढकललें जाईल. तें पाणी 'ड' या विलेखित पात्रांत धरा व त्यावरून बाहेर ढकललेल्या पाण्याचा व्याप त्या त्या पदार्थांच्या भूमितीच्या नियमानें ठरविलेल्या व्यापाएवढा, आहे कां नाहीं ते

पहा. नंतर दिलेल्या दगडाचाही व्याप याप्रमाणेंच काढा. तुम्ही नमूद केलेल्या गोष्टी खालीलप्रमाणें पत्रकांत भरा:—

| पदार्थ. | भूमितीतील नियम. | त्यावरून आलेला व्याप. | जलोत्सारण पद्धतीनें आलेला व्याप. | दोहोंमधील फरक. |
|---|---|---|---|---|
| घन | बाजू$^3$ | | | |
| गोल | $\frac{4}{3}$ प × त्रि$^3$ | | | |
| रूळ | प×त्रि$^2$×उंची. | | | |
| दगड | ............ | | | |

यावरून तुम्हांस कळून येईल कीं, कोणताही न विरघळणारा पदार्थ




आकृति १८ वी.

पाण्यांत बुडविला असतां तो आपल्या व्यापाएवढें पाणी बाहेर लोटील. आणि म्हणूनच पात्रांतील पाण्याची पातळी चढलेली तुम्हांस दिसेल. तुम्ही इसापच्या कल्पित गोष्टींत पाणी पिण्याकरितां कावळ्यानें लढविलेल्या युक्तीची

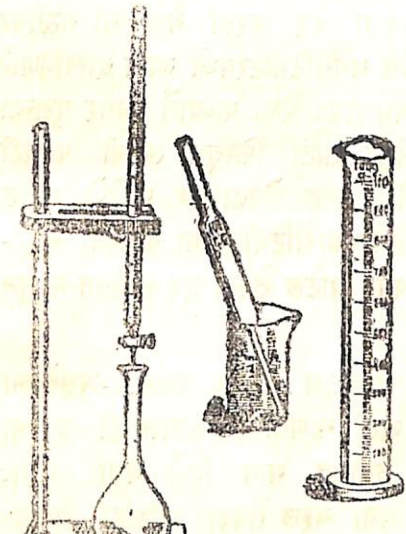
गोष्ट वाचली असेलच. त्यांतलें तत्त्व हेंच आहे. व्याप काढण्याच्या या पद्धतीस **'जलोत्सारण'** पद्धत असें नांव आहे ( आ० १८पहा.)

## *आहार

एखाद्या पात्रांत जेवढा द्रव मावेल, तेवढा त्याचा आहार किंवा माव होय. बहुतेक शास्त्रीय मापनांत पात्रांचा आहार, लहान असल्यास घनसेंटिमीटरमध्यें व मोठा असल्यास लिटरमध्यें मोजतात.

## आहार दाखविणारीं कांहीं विलेखित कांचपात्रें

मेट्रिक पद्धतींत द्रवपदार्थांचा व्याप मोजण्याकडे ज्या कांचपात्रांचा उपयोग करतात, तीं आकृतींमध्यें दाखविलीं आहेत. ५०० घनसेंटिमीटर द्रव मावणाऱ्या कांचपात्राच्या तोंडाजवळ, आडव्या रेषेनें खूण केली आहे; अशा प्रकारची १००, २५०, १००० घनसेंटिमीटर द्रव मावणारीं निरनिराळ्या प्रकारचीं कांचपात्रें तयार केलेलीं असतात, आणि त्यांचा आहाराचा आंकडा त्यांवर लिहिलेला असतो. त्यांतून त्या पात्रांवर लिहिलेल्या



आकृति १९ बी.

* Capacity यास माव असा दुसरा शब्द योजला तरी चालेल.

व्यापाइतकाच नेमका द्रव घेतां येतो, आकृतींत अगदीं शेवटीं दाखविलेल्या कांचपात्रांतून १० घनसेंटिमीटरपासून तों १०० घनसेंटिमीटरपर्यंत, ठोकळ मानानें द्रव मोजून घेतां येतो. यांत द्रव ओतल्यावर ज्या खुणेपर्यंत द्रवाचा पृष्ठभाग येईल, त्यासमोरचा आंकडा वाचावा; यास 'मोजपात्र' असें म्हणतात. अशा प्रकारचीं लहानमोठीं मोजपात्रें निरनिराळ्या व्यापाचीं केलेलीं असतात ( आकृति १९ पहा.)

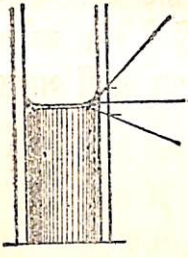
आकृतींत स्टँडवर बसविलेल्या नळीस द्रवमापिका असें म्हणतात. आणि तिचा उपयोग द्रवपदार्थाचा व्याप तंतोतंत मोजून घेण्याकडे करतात. तिच्या एका टोंकास तोटी बसविलेली असते; तिनें द्रवाचा प्रवाह वाटेल तेव्हां सुरू किंवा बंद करतां येतो. या नळीवर सामान्यतः एकपासून पन्नासपर्यंत घनसेंटिमीटरमध्यें व्याप दाखविणारे आंकडे लिहिलेले असतात. प्रथम द्रवमापिका पाण्यानें अगर दुसऱ्या कोणत्याही द्रवानें भरावी. नंतर तोटी फिरवून त्याची पातळी शून्यभागापर्यंत बरोबर आणावी. नंतर जेवढा द्रव पाहिजे असेल तेवढा तोटी फिरवून घ्यावा. हिनें एका सेंटिमीटरच्या दहाव्या भागापासून तों पन्नास घनसेंटिमीटरपर्यंत वाटेल तेवढा द्रव तंतोतंत मोजून घेतां येतो.

मध्यें फुगा असून दोहों शेवटास बारीक नळ्या असलेल्या कांचेच्या नळीस लघुनलिका असें म्हणतात. कोणत्याही द्रवाचा लहान प्रमाणांत ठराविक तंतोतंत भाग हिनें घेतां येतो. हिनें जेवढ्या व्यापाचा द्रव घेतां येईल तेवढा आंकडा तिच्यावर लिहिलेला असतो. उदाहरणार्थ, २५ घनसेंटिमीटर व्यापाची लघुनलिका असल्यास २५ अगर त्याच्या कितीही पट व्यापाचा द्रव तींतून घेतां येतो. परंतु २५ पेक्षां कमी मात्र घेतां येणार नाहीं. ही लघुनलिका तोंडानें तिच्यांतील हवा शोषून घेऊन

द्रवानें भरतात. ठरलेल्या खुणेपर्यंत द्रवाची पातळी आल्यावर आंगठ्यानें तिचें वरचें तोंड दाबून धरतात. नंतर बोटाच्या फटींतून थोडीशी हवा सोडून हळू हळू द्रव वाहूं देऊन ठरलेल्या खुणेपर्यंत त्याची पातळी आणतात. ( आकृति १९ पहा ).

## विलेखित पात्रांतील द्रवाच्या पातळीवरून व्याप कसा मोजावा

विलेखित पात्रांतील द्रवाचा व्याप बरोबर कसा मोजावा हें आकृति २० वरून कळून येईल. पाण्याची पातळी पात्रासमोरून पाहिल्यास चंद्रकोरी-सारखी बांकदार दिसते. या कोरीच्या अगदीं खालच्या बिंदुबरोबर पाण्याचा व्याप मोजावा. मोजतांना आपला डोळा आणि हा बिंदु समपातळींत असावेत. नाहींतर मापनांत चूक येते.



आकृति २० वी.

## वस्तुमान म्हणजे काय ?

पदार्थानें व्यापिलेल्या 'जागेस' आपण त्याचा व्याप म्हणतों. इंद्रियानें ज्याचें आस्तित्व सहज समजून येईल असें 'कांहींतरी' या जागेंत असतें; मग तें लोखंड असो, पितळ असो पाणी असो किंवा हवा असो, याच कांहींतरीस त्या त्या पदार्थाचें द्रव्य असें म्हणतात; आणि त्या पदार्थाच्या 'द्रव्यसमुच्चयास' त्याचें 'वस्तुमान' असें म्हणतात.

पदार्थाचें वस्तुमान लांबीप्रमाणेंच पूर्वीं ओबडधोबड रीतीनें मोजीत असत. परंतु उद्योगधंदा व व्यापार यांच्या वाढीबरोबर याचेंही एकधेय ठरविणें अत्यंत जरूरीचें झालें; कारण लांबीचें एक-

धेय नसल्यानें जो घोटाळा उत्पन्न झाला होता, तशाच प्रकारचा घोटाळा वस्तुमानाच्या मापांत सुद्धां होऊं लागला, म्हणून वस्तुमानाचें एकधेय दोन्ही पद्धतींत खालीलप्रमाणें ठरविलें.

### वस्तुमानाचें एकधेय ( ब्रिटिश )

लंडन येथें ठेविलेल्या प्लॅटिनम धातूच्या एका गोळ्यांतील द्रव्यसमुच्चयास ब्रिटिशलोकांनीं वस्तुमानाचें एकधेय असें ठरविलें आहे. यास पौंड असें म्हणतात. अपघाताच्या प्रसंगीं घोटाळा होऊं नये, म्हणून याच पौंडाच्या प्रतिकृति दुसऱ्या कित्येक ठिकाणीं ठेविल्या आहेत. सोयीकरितां पौंडाचीं खालील लहानमोठीं मापें तयार केलीं आहेत.

१ टन् = २० हंड्रेटवेट.
१ हंड्रेटवेट = ४ कॉर्टर.
१ कॉर्टर = २८ पौंड.

### वस्तुमानाचें एकधेय ( मेट्रिक )

पॅरिस येथें ठेविलेल्या प्लॅटिनम धातूच्या एका गोळ्यांतील द्रव्यसमुच्चयास वस्तुमानाचें एकधेय म्हणून ठरविलें आहे. यास किलोग्रॅम असें म्हणतात. ह्याच्या हजाराव्या भागाला ग्रॅम अशी संज्ञा आहे. याचें वस्तुमान एक लिटर पाण्याच्या वस्तुमानाबरोबर आहे. *ब्रिटिश पौंडापेक्षां वजनानें हा थोडा मोठा आहे. दशगुणपद्धतीनें सोयीकरितां याचींही लहानमोठीं मापें तयार केलीं आहेत.

| | | |
|---|---|---|
| १००० मिलिग्रॅम = | ग्रॅम | = १/१० डेकॅग्रॅम |
| १०० सेंटिग्रॅम = | | = १/१०० हेक्टोग्रॅम |
| १० डेसिग्रॅम = | | = १/१००० किलोग्रॅम |

* यावरून मेट्रिक पद्धतींत पाण्याचें आकारमान कळलें असतां वस्तुमानही समजून येतें.

ब्रिटिश व मेट्रिक वस्तुमानांच्या एकधेयाचें तुलनात्मक कोष्टक.

१ पौंड = ४५३·६ ग्रॅम.

१ किलोग्रॅम = २·२ पौंड.

## गुरुत्वाकर्षण

हातांतून जर एखादा पदार्थ सुटला तर तो खालीं जमिनीवर पडतो, वर किंवा बाजूस जात नाहीं; याचें कारण, पृथ्वी पदार्थाला आपणाकडे ओढते, किंवा आकर्षिते. झाडावरून पिकलेलीं फळें आपोआप खालीं पडतात, तीं याच कारणामुळें होय. पिकलेलें ॲपल् ( एक फळ ) खालीं पडलेलें पाहून जगविख्यात् 'न्यूटन'च्या मनांत प्रथम शंका आली कीं, तें खालींच कां पडावें ?

नंतर त्यानें विचार करून असें ठरविलें कीं, सर्व पदार्थ पृथ्वीकडे आकर्षिले जातात; आणि म्हणूनच तें ॲपल् खालीं पडलें. आतां अंतराळांतून पदार्थ टाकिला म्हणजेच मात्र पृथ्वी त्यास आपणाकडे ओढिते, एरवीं ओढीत नाहीं असें नाहीं. पृथ्वीवरील सर्व पदार्थांवर ह्या शक्तीचा व्यापार सतत चालला आहे व त्यामुळें सर्व पदार्थांस वजन प्राप्त झालें आहे.

जर सर्व पदार्थांवर या आकर्षणाचा व्यापार चालतो, तर धूर किंवा पाण्याची वाफ खालीं न जातां वरच जाते. तेव्हां हे पदार्थ पृथ्वीकडे आकर्षिले जातात, असें कसें म्हणावें, असें कदाचित् तुम्हांस वाटेल. हें टेबलावरचें पुस्तक खालीं कां पडत नाहीं ? ह्यास टेबलाचा आधार आहे म्हणून. टेबल खालचें काढून घेतल्यास तें खालीं पडेल. झाडावरचीं हिरवीं फळें झाडाच्या फांद्यांस घट्ट बिलगलेलीं असतात; तीं पिकलीं म्हणजे देंठापासून सुटून त्यांचा आधार नाहींसा होतो, तेव्हां खालीं पडतात. पाण्यावर हा बूच् कां तरतें ? पाणी त्या बुचास वर उचलून धरतें म्हणून. त्याप्रमाणें धूर व पाण्याची वाफ हवेंत वर जातात,

कारण त्यांस हवेचा आधार आहे; पाणी जसें बुचास वर लोटतें त्याप्रमाणें, ही त्या धुरास वर लोटते.

असो; यावरून तुमची खात्री झाली असेल कीं, टेबलावरील पुस्तक खालीं पडत नाहीं, किंवा धूर व वाफ हीं हवेंत वर जातात, याचें कारण गुरुत्वाकर्षणाचा अभाव हें नसून, त्यावर टेबलाकडून किंवा हवेकडून घडणारें प्रतिबंधक कार्य हें होय. हे प्रतिबंध करणारे पदार्थ काढून घेतले तर पुस्तक, धूर किंवा वाफ खालीं जमिनी-वरच पडतांना दिसून येतील.

वजन

वरील विवेचनावरून पदार्थाचें वजन किंवा जडपणा, हा पृथ्वीच्या आकर्षणाचा परिणाम आहे, हें तुम्हांस कळून येईलच. हें पृथ्वीचें आकर्षण पदार्थाच्या प्रत्येक कणांवर असतें; हे कण अधिक असतील तर आकर्षण अधिक घडेल; म्हणून मोठ्या पदार्थांत लहान पदार्थांपेक्षां हे कण जितक्या पटीनें अधिक असतील तितक्या पटीनें तो पृथ्वीकडे जास्त ओढिला जाईल. म्हणून पदार्थ ज्या जोरानें पृथ्वीकडे ओढला जातो, किंवा पृथ्वीवर असलेला पदार्थ वर उचलण्यास जितका जोर लागतो, त्या जोरासच त्या पदार्थाचें वजन असें म्हणतात. जे पदार्थ पृथ्वीकडे जास्त जोरानें आकर्षिले जातात त्यांस आपण जड म्हणतों. सारांश, वजन हें केवळ पृथ्वीच्या आकर्षणाचा परिणाम आहे.

तुम्ही झाडावरचें एखादें पिकलेलें फळ पडतांना पाहिलें असेलच. तें पृथ्वीवर कोणत्या रेषेंत पडतें? अर्थात् लंबरेषेंत. हिंदुस्थानांत, अमेरिकेंत, जपानांत पृथ्वीच्या कोणत्याही भागावर फळें लंब-रेषेंतच जमिनीवर पडतात. या लंब रेषा जर पुढें वाढविल्या तर कोठें मिळतील? अर्थात् पृथ्वीच्या मध्यबिंदूंत मिळतील; कारण ती

चेंडूसारखी वाटोळी आहे. म्हणून हें पृथ्वीचें सर्व पदार्थांवरील आकर्षण तिच्यावरील कोणत्याही विशिष्ट भागाकडे नसून तिच्या मध्यबिंदूकडेच असलें पाहिजे.

आतांच आपण पाहिलें कीं, पदार्थाचें वजन हें केवळ पृथ्वीच्या आकर्षणाचा परिणाम आहे. पदार्थाचा प्रत्येक कण पृथ्वीकडे आकर्षिला जातो आणि त्याच्या सर्व कणांवरील आकर्षणाच्या बेरजेबरोबर त्या पदार्थाचें वजन होतें. लोहचुंबक लोखंडाच्या जसजसा जवळ न्यावा तसतसें त्याचें लोखंडावरील आकर्षण वाढतें, व जसजसा तो दूर न्यावा तसतसें आकर्षण कमी होतें. असाच बदल पृथ्वीच्या आकर्षणांतही होतो. म्हणून पृथ्वीचे पृष्ठभागीं पदार्थावर तिचें जें आकर्षण असेल, त्याहून तोच पदार्थ एक मैल उंचीवर नेला, तर तें कमी होईल. वजन जर आकर्षणाचें फल आहे, तर अंतराप्रमाणें तेंही बदललें पाहिजे. म्हणजे समुद्रकांठीं कोणत्याही पदार्थाचें जें वजन असेल, त्याहून तो पदार्थ महाबळेश्वर मुक्कामीं—अत्यंत सूक्ष्म प्रमाणांत—कमी वजनाचा भरेल; परतु ज्या ताजव्यानें आपण वजन करितों त्यानें मात्र हें समजणार नाहीं, कारण ताजव्यावर आपण पदार्थाचें प्रत्यक्ष वजन करीत नसून तो दुसऱ्या एका पदार्थाच्या वजनाबरोबर आहे कीं नाहीं हें पाहतों; आणि वजन करते वेळीं पारड्यांतील दोन्ही पदार्थांवर कोठेंही पृथ्वीच्या आकर्षणाचें सारखेंच कार्य घडतें. परंतु अत्यंत सूक्ष्म ताणकांट्यावर हा फरक कळून येण्याचा संभव आहे; कारण पृथ्वीच्या आकर्षणाप्रमाणें ताणकांट्यांतील तारेची वळवट कमीअधिक ताणली जाते, आणि या ओढीवरूनच ताणकांटा त्या पदार्थाचें वजन दाखवितो.

वरील सर्व विवेचनावरून पदार्थाचें वजन आणि 'वस्तुमान'

यांमधील फरक तुमच्या लक्षांत आला असेलच; परंतु हा फरक सूक्ष्म असल्यामुळें, पदार्थाच्या वजनावरूनच त्याचें वस्तुमान ठरवितात. कारण एखाद्या पदार्थाचे कण दुसऱ्या पदार्थाच्या कणांपेक्षां दुप्पट असले तर त्याचें वजनही दुप्पट असतें हें वर सांगितलें आहेच. थोडक्यांत आपणास असेंही म्हणतां येईल कीं, पदार्थाचें वजन त्याच्या वस्तुमानाच्या प्रमाणांत असतें. म्हणून आपणसुद्धां त्याचें वजनावरूनच वस्तुमान सांगूं.

## वजनाचें एकधेय

आतां आपणास पदार्थांच्या वजनाची तुलना करून त्यांच्या वस्तुमानाची तुलना करितां येईल. कारण एखाद्या पदार्थाचें वजन दुसऱ्याच्या चौपट असेल तर त्याचें वस्तुमानसुद्धां चौपट असलें पाहिजे.

वजनाचें ब्रिटिश एकधेय 'पौंड' असून, तें एक पौंड वस्तुमानाच्या पदार्थावरील पृथ्वीकडील आकर्षणाबरोबर आहे. आतां वजन आणि वस्तुमानाचक एकच एकधेय असल्यामुळें थोडासा घोंटाळा होण्याचा संभव आहे खरा. परंतु पदार्थांतील 'द्रव्यसमुच्चय' म्हणजे त्याचें वस्तुमान व त्यावरील पृथ्वीचें आकर्षण म्हणजे त्याचें वजन एवढें लक्ष्यांत ठेवल्यानें बराच घोटाळा दूर होईल.

वजनाचें मेट्रिक एकधेय किलोग्रॅम आहे. याचीं सोयीकरितां लहानमोठीं मापें वस्तुमानाच्या लहानमोठ्या मापाप्रमाणें तयार केलीं आहेत. उ० किलोग्रॅम, ग्रॅम, इ०.

ब्रिटिश पद्धतींतसुद्धां वजनाचीं लहानमोठीं मापें वस्तुमानाच्या लहानमोठ्या मापाप्रमाणें तयार केलीं आहेत. उदाहरणार्थ, पौंड, क्वॉरटर, हंड्रेडवेट,–इ०

## वजन आणि वस्तुमान यांचें मापन

सर्व पदार्थांचें वजन कसें करावें हें समजणें अगत्याचें आहे, कारण त्यावरूनच आपणास त्यांच्या वस्तुमानाची कल्पना येते.

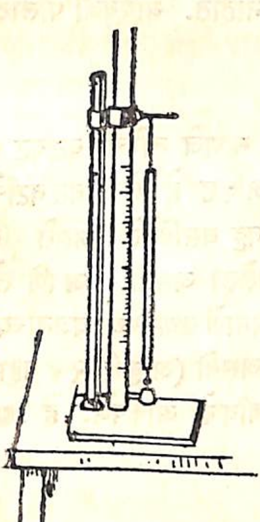
वजन करण्याचें दोन सर्वमान्य मार्ग आहेत, (१) ताणकांट्यानें व (२) तराजूनें.

## ताणकांट्याचें तत्त्व

रबराची पट्टी जसजशी ओढावी तसतशी ताणली जाते हें तुम्हांस माहीत आहेच. अशा प्रकारची पट्टी घेऊन केलेल्या खालील प्रयोगावरून तुम्हांस ताणकांट्याची रचना कशी असते तें कळून येईल.

## प्रयोग ९ वा

रबराचे पट्टीवर घातलेला ताण व त्यामुळें तिच्या लांबींत वाढ यांचा संबंध दाखविणें.



आकृति २१ वी.

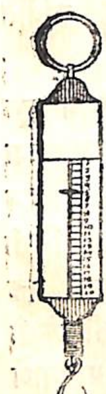
एका लांकडी फळीस हूक बसवून त्याला एक रबराची पट्टी अडकवा आणि तिच्या शेवटास एक ग्रॅमचें वजन लावा. नंतर मोजपट्टीनें ती पट्टी किती ताणली जाते तें मोजा. आणखी एक ग्रॅमचें वजन अधिक लावून ती किती अधिक ताणली जाते तें मोजा. याप्रमाणें एकेक ग्रॅमचें वजन अधिक लावीत जा, आणि प्रत्येक वेळेस त्या पट्टीचा अधिक ताण मोजा (आकृति २१ पहा).

पट्टीच्या शेवटास लाविलेलीं वजनें आणि त्यामुळें तिच्यांत उत्पन्न झालेल

ताण यांमध्यें कांहीं संबंध आहे काय ? पट्टीच्या शेवटीं लाविलेल्या वजनास त्यानें उत्पन्न केलेल्या ताणानें भागा; प्रत्येक खेपेस भागाकार काय येतो ?

वरील प्रयोगांत जर तुम्हांस असें आढळून आलें कीं, एक ग्रॅम वजनानें ती पट्टी एक मिलिमीटर ताणली गेली, व दुसऱ्या प्रयोगाच्या वेळीं त्याच पट्टीचा 'ताण' फक्त १० मिलिमीटर झाला, असें तुम्हांस सांगितलें तर तिच्या शेवटास १० ग्रॅम् वजन लाविलें असावें, हें तुम्हांस सहज सांगतां येईल. याप्रमाणें रबराच्या लवचिक पट्टीचा उपयोग वजन मोजण्याकडे करितां येतो.

परंतु रबराच्या अंगीं असलेला लवचिकपणा वापरल्यानें फार लवकर नाहींसा होत असल्यामुळें याचा वजन मोजण्याकडे उपयोग करीत नाहींत. याऐवजीं पोलादी तारेचा उपयोग करतात.



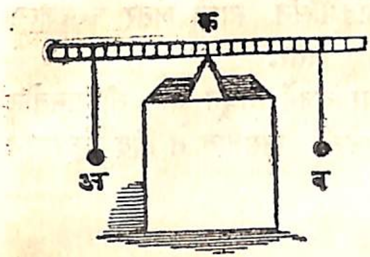
आ० २२बी.

## ताणकांटा

या कांट्याचा मुख्य भाग म्हणजे तारेची वळवट व त्याच्या शेवटास लाविलेला आंकडा हे होत. वळवटीचें एक टोंक वरच्या अंगास घट्ट बसविलेलें असतें व दुसऱ्या टोंकास कांटा लाविलेला असतो. आणि तो वजनाच्या कमीअधिक मानाप्रमाणें जवळच्या वजनाच्या अंकावलीवर वर खालीं होत असतो (आकृति २२ पहा) पदार्थाचें वजन म्हणजे पृथ्वीकडे आकर्षण, हें ह्या कांट्यावर जास्त स्पष्ट होतें,

## तराजूचें मुख्य तत्त्व

आकृतींमध्यें दाखविलेल्या चित्रावरून तराजूचें मुख्य तत्त्व




आकृति २३ वी.

तुमच्या पटकन ध्यानांत येईल. ड ही पट्टी क या तिच्या मध्य बिंदूवर बरोबर बसविली आहे. क बिंदूपासून सारख्या अंतरावर अ, ब, हीं वजनें अडकविलीं आहेत. ड या पट्टीस 'तराजूची दांडी' आणि क बिंदूस टेंकू असें म्हणतात. ( आकृति २३ पहा ).

__प्रयोग १० वा.__ टेंकूपासून बाहींचें समांतर.

टेंकूपापासून कांहीं अंतरावर दांडीच्या एका बाहीवर कोणतें तरी वजन लावा. दुसऱ्या बाहीवरसुद्धां तितकेंच वजन लावून दांडी समतोल करा. टेंकूपासून वजनांची दोहों बाहीवरील अंतरें मोजा. हीं अंतरें एकमेकांबरोबर आहेत काय ?

__प्रयोग ११ वा.__ टेंकूपासून बाहीचें विषमअंतर.

डाव्या बाहीवर टेंकूपासून १० सेंटिमीटर अंतरावर ५० ग्रॅमचें वजन लावा; आणि या ठिकाणापासून त्यास प्रयोग संपेपर्यंत हलवूं नका. उजव्या बाहीवर शंभर ग्रॅमचें वजन लावा; आणि दांडी समतोल करा. टेंकूपासून वजनाचें अंतर मोजा.

| डावीबाजू. | | | उजवीबाजू | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| वजन. | टेंकूपासून अंतर | | वजन | टेंकूपासून अंतर | | |
| ५० × | १० | = | १०० × | ५ | = | ५०० |
| ,, × | ,, | = | २५ × | २० | = | ५०० |
| ,, × | ,, | = | .... | .... | = | ५०० |

अशा प्रकारें निरनिराळीं वजनें उजव्या बाहीवर लावून दांडी समतोल करा. यावरून खालील सिद्धांत सिद्ध होईल.

डाव्या बाहीवरील वजन × टेंकूपासून त्याचें अंतर = उजव्या बाहीवरील वजन × टेंकूपासून त्याचें अंतर.

म्हणून टेंकूपासून दोहों बाहीवर वजनें लावून जर ती समतोल राहील, तर ज्या टेंकूवर तीं लावलेलीं असतात ते बिंदू टेंकूपासून सारख्या अंतरावर असतात.

## तराजू व त्याचा उपयोग

टेंकूपासून दोहों बाजूस सारख्या अंतरावर सारख्या वजनाचीं पारडीं अडकाविलेल्या दांडीस तराजू असें म्हणतात. आणि त्याचा उपयोग दिलेल्या वजनाच्या साहाय्यानें दुसऱ्या कोणत्याही पदार्थाचें वजन काढण्याकडे करतात. एखाद्या पदार्थाच्या वस्तुमानाचें वजन दुसऱ्या पदार्थाच्या वस्तुमानाच्या वजनाबरोबर आहे एवढेंच या तराजूवर समजतें. जरुरीप्रमाणें निरनिराळ्या प्रकारचे तराजू तयार केले आहेत. त्यापैकीं एकदोन तराजूंसंबंधीं आपण सविस्तर माहिती घेऊं.

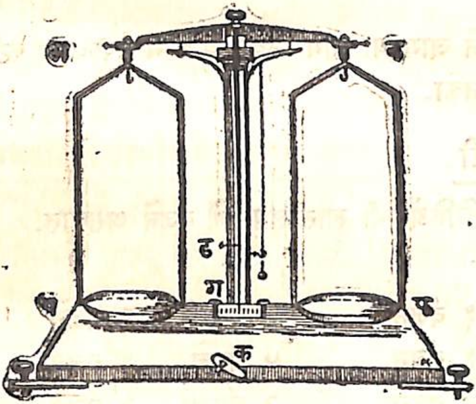
### ( १ ) शास्त्रीय मापनांत उपयोगांत आणिलेला तराजू.

शास्त्रीय मापनांत उपयोगांत आणलेल्या तराजूचे सर्व भाग अत्यंत काळजीपूर्वक तयार केलेले असतात; कारण यावर मिलिग्रॅमपर्यंत बिनचूक वजन करावयाचें असतें. अशा प्रकारचीं वजनें ज्या तराजूवर घेतात तो पुढें दाखविला आहे. याची दांडी पितळेची बनविलेली असते, आणि तिला मध्यबिंदूवर कठीण पोलादी पात्याचा सूक्ष्म आधार दिलेला असतो. तराजूवर वजन करतवेळीं हें पोलादी पातें तशाच प्रकारच्या उलट्या 'कांचपट्टी'वर राहील अशी व्यवस्था केलेली असते. पारडीं सुद्धां अशाच प्रकारच्या सूक्ष्म पात्यावर लोंबत ठेविलेलीं असतात. दांडीच्या मध्यबिंदूवर एक कांटा बसविलेला असतो, आणि त्याचें टोंक तळाशीं असलेल्या 'अंकावली'वर फिरत असतें.

ज्यावेळीं तराजूचा उपयोग करावयाचा नसतो त्या वेळीं क दांडा फिरवून दांडी पारड्याचे आंकडे पाल्यापासून दूर करतां येतात (आकृति २४ पहा ).

**प्रयोग ११ वा.** तराजूचे मुख्य भाग.

आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें तराजूचे निरनिराळे भाग काळजीपूर्वक पहा. क दांडी फिरवून तराजूची 'अब' दांडी तिच्या आधारापासून वर उचला. ड कांटा ग अंकावलीवर दोहों बाजूस सारखीं आंदोलनें घेतो कीं नाहीं तें पहा. सारखीं आंदोलनें घेत असल्यास तराजूवर वजन करा, नसल्यास क दांडा उलट बाजूनें फिरवून दांडी आधारावर खालीं करा आणि अ किंवा ब जवळील फिरकी फिरवून दांडी समतोल होते कीं नाहीं तें पहा. याप्रमाणें दांडी समतोल केल्यावरच वजन करण्यास सुरवात करा ( आकृति २४ पहा ).




आकृति २४ बी.

## वजन करतांना ध्यानांत ठेवावयाच्या गोष्टी

( १ ) वजन करतांना नेहमीं आपल्या डाव्या हातच्या पारड्यांत पदार्थ व उजव्या हातच्या पारड्यांत वजनें टाकावीं.

( २ ) पेटींतून वजनें उचलावयाचीं झाल्यास चिमट्यानें उचलावीं कोणत्याही कारणास्तव हात लावूं नये.

( ३ ) पारड्यांत वजनें नसतांना कांटा अंकावलीच्या दोहों बाजूंस सारखीं आंदोलनें घेतो कीं नाहीं तें पहा.

( ४ ) वजन करण्यापूर्वी व नंतर पारडीं कोरडीं व स्वच्छ आहेत कीं नाहीं तें पहा.

( ५ ) पेटींत वजनें जागच्या जागीं ठेवा, व काम संपल्यावर पेटी बंद करण्यास विसरूं नका.

## मेट्रिक वजनाची पेटी

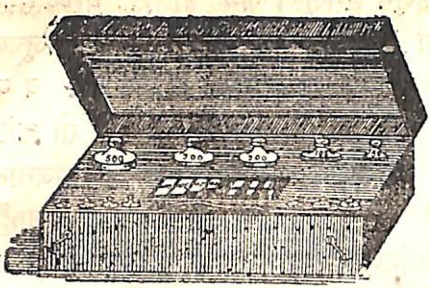
या पेटींत ग्रॅम व मिलिग्रॅमची खालीलप्रमाणें वजनें असतात.

(१) पितळीं वजनें:—

| | |
|---|---|
| १०० ग्रॅमचें....१ वजन | १० ग्रॅमचीं....१ वजनें |
| ५० ग्रॅमचें....१ वजन | ५ ग्रॅमचें.....१ वजन |
| २० ग्रॅमचें....२ वजन | २ ग्रॅमचीं....२ वजनें |
| | १ ग्रॅमचें....१ वजन |

(२) ॲल्युमिनमचीं वजनें.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ५०० मिलिग्रॅम् | = | ·५ ग्रॅम् | | १ वजन |
| २०० ,, | = | ·२ | ,, | २ वजनें |
| १०० ,, | = | ·१ | ,, | १ वजन |
| ५० मिलिग्रॅम् | = | ·०५ | ,, | १ वजन |
| २० ,, | = | ·०२ | ,, | २ वजनें |
| १० ,, | = | ·०१ | ,, | १ वजन |
| ५ ,, | = | ·००५ | ,, | १ वजन |



आकृति २५ वी.

ही पेटी बाळग-ल्यानें २११ ग्रॅमपासून ५ मिलिग्रॅमपर्यंत वजनाचा वाटेल तो पदार्थ वजन करतां येतो. प्रत्येक पेटींत वजनें उचलण्याकरितां चिमटा ठेविलेला असतो (आकृति २५ पहा).

## व्यवहारोपयोगी निरनिराळे तराजू

(१) लहान मोठे अगर हलके भारी पदार्थ वजन करण्याकरितां निरनिराळे तराजू वापरतात. भाजी विकणाऱ्या बाया तराजूनें भाजी तोलून देतात. याला दांडी, तिच्या मध्यभागीं भोंक पाडून, त्यांतून ओंविलेली हातांत धरण्याची लहानशी दोरी व दांडीच्या दोन टोंकांस दोन पारडीं असतात. पैकीं एकांत ज्याचें वजन करावयाचें तो पदार्थ ठेवितात व दुसऱ्या पारड्यांत वजन घालून दोरीच्या तुकड्यानें तराजू उचलतात. दांडी जमिनीस समांतर असली, किंवा कोणत्याही बाजूस झुकत नसली म्हणजे, वजन बरोबर झालें असें समजतात. हें वजन ठोकळ मानानें बरोबर असतें, अगदीं तंतोतंत बरोबर नसतें. यापेक्षां सोनें चांदी वजन करण्याचाच कांटा अधिक बिन्चूक वजन दाखविणारा असतो.

## (२) सोनें वजन करण्याचा तराजू

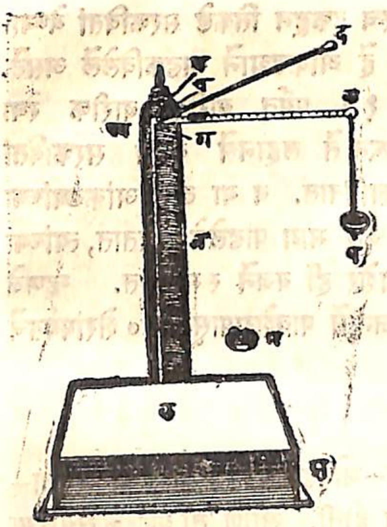
सराफ लोकांना बिनचूक वजन करावें लागतें, कारण वजनांत अर्ध्या पाव गुंजेइतका फरक जरी पडला तर त्याचें किंवा गिऱ्हाइकाचें

नुकसान व्हावयाचें. म्हणून तराजूला जेथें हातांत धरण्यासाठीं दोरीचा तुकडा बांधलेला असतो तेथें सोनाराच्या तराजूच्या दांडीला पितळेची एक लहानशी चौकट बसविलेली असते. व या चौकटींत एक बारीक पितळेचा कांटा बसविलेला असतो. तो कांटा त्या चौकटींत स्थिर झाला म्हणजे वजन बरोबर असें समजतात. परंतु तो चौकटीच्या मध्यभागीं बरोबर स्थिर झाला आहे कीं नाहीं, हें नुसतें डोळ्यांनीं पाहून सांगण्यांतसुद्धां एखादेवेळीं चूक होण्याचा संभव असतो, म्हणून कित्येक कांट्यांत आणखी एक तजवीज केलेली असते. दांडीपासून वर टोंक केलेला जो कांटा असतो. त्याच्याबरोबर समोर चौकटीच्या वरच्या टोंकापासून खालीं टोंक केलेला एक लहान कांटा असतो. या दोन्ही कांट्यांचीं टोंकें एकमेकांस मिळालीं, म्हणजे वजन अगदीं बरोबर आहे याविषयीं शंका राहत नाहीं.

पण हें सगळें लहानसहान पदार्थ तोलण्यासंबंधानें झालें. जड पेट्या, मालाचे गठ्ठे अथवा मालानें भरलेली सबंध गाडीच्या गाडी वजन करावयाची झाली तर वरील तराजूनें काय होणार? यासाठीं तुम्ही स्टेशनवर सामान तोलावयाच्या वेळीं पाहता तशा प्रकारचा कांटा उपयोगांत आणतात.

## (२) मालाचे गठ्ठे वजन करावयाचा कांटा

हाही एक प्रकारचा तराजूच आहे (आकृति २६ पहा). ज्यावर वजन करावयाचें सामान ठेवतात तो हा (छ) लोखंडी चौरंग म्हणजे खरोखर पाहतां तराजूचें एक पारडेंच होय. खग ही तराजूची दांडी आणि हें 'व' म्हणजे दुसरें वजन ठेवण्याचें पारडें होय. 'व' या ठिकाणीं 'म' सारख्या आकृतीचीं लहान लहान लोखंडाचीं वजनें अडकवितात. दांडीच्या मध्यबिंदूसारखा बिंदु याही तराजूंत असतो;




आकृति २६ वी.

पण तो लोखंडी खांबाच्या पोकळ भागांत वरच्या बाजूला झांकलेला असतो; म्हणून चट-कन् लक्षांत येत नाहीं. या पोकळ खांबाच्या आंत कशी रचना असते ती या चित्रावरून तुमच्या ध्यानांत येईल. 'कख' या दांडीचा 'ज' या लोखंडी कांबीनें सामान ठेवण्याच्या चौरंगाशीं संबंध जोडलेला असतो. घ हा एक आंकडा आहे. जेव्हां सामान तोलावयाचें असेल तेव्हां या आंकड्यानें 'खक' ही दांडी वर उचलून दुसऱ्या दांडींत अडकवितां येते. (ही दांडी आकृतींत दाखविली नाहीं). तोलण्याचें काम नसतें तेव्हां 'खक' ही दांडी न अडकवितां मोकळी सोडलेली असते. ती मोकळी असली म्हणजे छ हा चौरंग खालीं उतरून 'झ' तळावर टेंकलेला असतो. कख ही दांडी ज्या बिंदूपाशीं वर खालीं होते, तो बिंदु ग या अक्षरानें दाखविला आहे. तेथेंच किंचित् वर च हा दुसरा एक आंकडा 'घ' या आंकड्याला जोडलेला आहे. या 'च' आंकड्या-मुळेंच 'कख' दांडी वर खालीं होते. आडव्या दांडीला क पासून खालीं आंकड्यानें एक कांब अडकविली आहे. व त्या कांबीला खालीं 'व' या जागीं वजनें अडकविण्याची सोय केली आहे. १० शेराच्या वरचीं वजनें या जागीं लावतां येतात. ( आकृति २६ महा ). पण दहा शेराच्या खालचीं वजनें दाखविण्यासाठीं एक निराळी तजवीज

केलेली असते. आडव्या दांडीवरच इकडून तिकडे सरकवितां येण्या-
सारखें एक लहानसें वजन 'फ' हें आंकड्यानें अडकविलेलें असतें.
व आडव्या दांडीवर ०पासून १० पर्यंत बारीक बारीक रेषा
कोरलेल्या असतात. या रेघावरून तें लहानसें वजन सरकावितां
येतें. दांडीवरचे आंकडे शेर दाखवितात. व या दोन आंकड्यांच्या
मधल्या अंतराचे जे पुढें चार चार भाग पाडलेले असतात, त्यांच्या
योगानें पावशेर, अर्धाशेर, पाऊणशेर हीं वजनें समजतात. म्हणजे
या अडकाविलेल्या लहानशा वजनानें पावशेरापासून १० शेरांपर्यंतचें
वजन ओळखितां येतें.

## कालमापन

अगदीं जगाच्या आरंभापासून—ओबडधोबड स्वरूपांत कां असेना—
कालमापनाची कल्पना अस्तित्वांत होती. आणि ती बहुतेक सूर्याच्या
दररोजच्या दिसणाऱ्या गतीवर बसविली असावी. एकदां सूर्य उग-
वल्यापासून तो फिरून उगवपर्यंतच्या अवधीस कालाचें एकधेय
म्हणून ठरविलें असावें. परंतु हें एकधेय फार मोठें असल्यामुळें
त्याचे लहान भाग पाडणें आवश्यक झालें. उगवल्यापासून मावळे-
पर्यंतचा सूर्याचा मार्ग अर्धवर्तुळाकृति असल्यामुळें, आणि रात्रीं
तो तसाच अर्धवर्तुळाकृति मार्ग आक्रमून सकाळीं पूर्वेस उगवत
असावा त्या कल्पनेमुळें, काल दाखविण्यास अगर मोजण्यास वर्तुळा-
कृति घेण्याचें ठरविलें. प्रथमतः या वर्तुळाचे स्वाभाविक दोन भाग
पडले. एक दिवसाचा व दुसरा रात्रीचा. म्हणून अर्धे वर्तुळ दिवसा-
च्या वांटणीस आलें; आणि राहिलेलें अर्धें रात्रीच्या. वर्तुळाच्या
मध्यबिंदूवर ३६० अंशांचा कोन असतो ही गणितशास्त्रांतील
मुख्य कल्पना फार प्राचीनकालापासून प्रचारांत आहे आणि या-
वरील दोन कल्पनांवरच सर्व कालमापनाची उभारणी केली आहे.

या संबंध वर्तुळाचे २४ सारखे भाग करून प्रत्येक भागास तास ह्मी संज्ञा दिली. तासाच्या ६० व्या भागास मिनिट व मिनिटाच्या साठाव्या भागास सेकंद असें म्हणण्याचें ठरविलें. [वर्तुळाचे परिघाचे सहा भाग सहज करितां येतात. या प्रत्येकाचे चार भाग पाडले म्हणजे वर्तुळाचे चोवीस भाग झाले. यामुळेंच बहुतकरून दिवसाचे चोवीस तास ही कल्पना निघाली असावी. हिंदु कालगणनेंत दिवसाचे साठ भाग करून प्रत्येकास घटिका असें नांव दिलें आहे. प्रत्येक घटिकेचे साठ विभाग करून त्यांस पळें व पळांचे साठ भाग करून त्यांस विपळें म्हणतात.] एका तासाचे शतमानपद्धती-प्रमाणें १०० भाग करण्याची कल्पना मध्यंतरीं निघाली होती. परंतु त्या भागास दुसरें नवीन नांव न दिल्यानें, ती प्रचारांत आली नाहीं.

## कालवाचक एकधेय

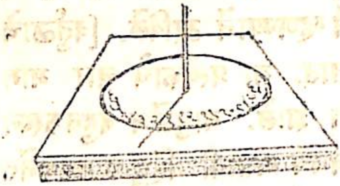
ब्रिटिश व मेट्रिक पद्धतींत कालवाचक एकधेय 'सेकंद' आहे. आणि हा वर सांगितल्याप्रमाणें सूर्याच्या दररोजच्या बाह्य दिसणाऱ्या गतीवरून ठरविला आहे.

## वेळ मोजण्याचीं यंत्रें

आज वेळ मोजण्याचीं जीं साधनें प्रचारांत आहेत तीं आपणा सर्वांच्या माहितीचीं आहेत. प्रथम म्हणून त्याबद्दल येथें फारसा विचार न करितां फार प्राचीनकाळीं वेळ कसा मोजीत असत तें आपण पाहूं.

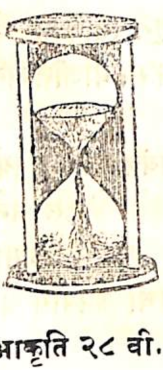
फार प्राचीनकाळीं वेळ मोजण्याकडे 'छायायंत्रा'चा उपयोग करीत असत. इजिप्शीयन लोकांनीं ठिकठिकाणीं उभे केलेले मनोरे आणि ड्रुइड लोकांनीं उभारलेले दगडी खांब यांचा छायायंत्राप्रमाणें उपयोग होत असे. हिंदुस्थानांतही या छायायंत्राचा उपयोग वेळ मोजण्याकडे करीत असत.

(१) **छायायंत्र**—मिलिटसचा ॲनॅक्सिमँडर या ग्रीक मनुष्यानें इ. सनापूर्वी ६१० च्या सुमारास हें छायायंत्र शोधून काढिलें. ह्यांत घड्याळाप्रमाणें तबकडी असते. आणि बरोबर मध्यावर एक लहानें काडी रोविलली असते. हें सूर्य-प्रकाशांत दक्षिणेकडे तोंड करून



आकृति २७ वी.

बसवितात. ह्याच्या तबकडीच्या सर्व भागावर आंकड कारलेले नसतात. इतर घड्याळाप्रमाणें बाराचा आंकडा वर नसून खालीं असतो (आकृति २७ पहा). कारण कांट्याची सावली बरोबर बारा वाजतां खालीं पडेल. सकाळीं सूर्य पूर्वेस असतो तेव्हां या कांट्याची सावली पश्चिमेस पडते. म्हणून आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें आंकड्याची रचना केलेली असते. पुढें सूर्य जसजसा वर चढतो तसतशी सावली खालीं खालीं जावयास लागते. पुन्हा तो जसजसा पश्चिमेस जावयास लागतो तसतशी सावली वर चढते. रात्रीं त्याचप्रमाणें दिवसा अभ्रें आलीं तर, याचा कांहींही उपयोग होत नाहीं. व ऋतुमानाप्रमाणें सूर्याचे सावलींत फरक पडत असल्यानें अशा साध्या यंत्रानें वेळ बरोबर समजत नाहीं. म्हणून दुसऱ्या प्रकारचीं घड्याळें निघालीं.

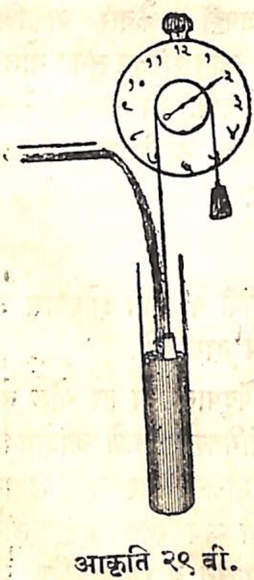


(२) **वाळूचें घड्याळः**—इ. स. ३३० चे सुमारास हें घड्याळ प्रचारांत आलें. तें कांचेचें असून डमरूच्या आकृतीचें असत. त्याच्या वरच्या भागांतून हळुहळू वाळू खालच्या भागांत पडते, आणि याप्रमाणें सगळी वाळू खालच्या घरांत पडली, म्हणजे एक तास झाला असें

आकृति २८ वी.

समजतात. व तें उलटें करून ठेवितात. मग पुन्हा वाळू पडावयास सुरवात होते. याही घड्याळांत एक मोठी गैरसोय आहे. कारण तें वेळेवर उलटें करण्याकरितां एका स्वतंत्र मनुष्याची नेमणूक केली पाहिजे. नाहीं तर वेळेचा सगळाच घोटाळा! (आकृति २८ पहा).

**(३) पाण घड्याळ:**—आणखी एक वेळ मोजण्याचें जुनें साधन म्हणजे पाणघड्याळ होय. त्याचें अगदीं साधें स्वरूप म्हणजे एक खुणा केलेलें भांडें. त्यांत थेंब थेंब पाणी पडेल अशी व्यवस्था केलेली असते. एका तासांत एका खुणेपर्यंत पाणी वर चढतें. याप्रमाणें दिवसाच्या चोवीस तासाच्या चोवीस खुणा त्यावर केलेल्या असतात. दररोज सकाळीं एकदा भांडें रिकामें करून घड्याळ लावून ठेवावें लागतें. आपलें घटिकायंत्र याच तत्त्वावर तयार केलें आहे. परंतु या घटिकायंत्रावर वाळूच्या घड्याळाप्रमाणें सतत मनुष्य ठेविला पाहिजे.



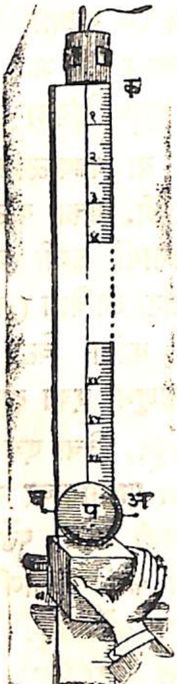

आकृति २९ वी.

पुढें युरोपमध्यें या घड्याळांत थोडीशी सुधारणा झाली. एका वाटोळ्या तबकडीच्या मध्यभागीं कप्पी बसवून तिच्या मध्यावर कांटा लाविला (आकृति २९ पहा). हा कांटा वेळ होईल तसतसा फिरावा म्हणून, एका दोरीच्या शेवटास वजनें लावून, तिचा एक शेवट नळींतील पाण्याच्या पृष्ठभागावर राहील अशी व्यवस्था केलेली असे. पुढें त्या नळींत जसजसें अधिकाधिक पाणी पडे, तसतसें वजन वर उचललें जाई. आणि म्हणून तबकडीवरील कांटा फिरत असे. व त्यावरून वेळ कळून येई.

वेळ मोजण्याचीं नवीं साधनें म्हणजे घड्याळें होत; त्यांपैकीं भिंतीला टांगण्याच्या घड्याळाचा वेग आंदोलकानें नियमित केला असल्यामुळें त्याचे गुणधर्म प्रथम पाहिले पाहिजेत.

## साधा आंदोलक

अत्यंत बारीक दोरीच्या शेवटापासून लोंबत ठेविलेल्या गोलकास आंदोलक असें म्हणतात. खालील आकृतीवरून आंदोलकाची कल्पना येईल.




आकृति ३० वी.

एका बारीक दोऱ्यास बुचांत गुंतवून त्याच्या दुसऱ्या शेवटास गोलक अडकविलेला असतो. आधारबिंदूपासून गोलकाच्या मध्यबिंदूपर्यंतच्या लांबीस 'आंदोलकाची लांबी' असें म्हणतात. ही लांबी मोजण्यास मोजपट्टी व कैवार या जिनसा लागतात. पहिलीनें आधारबिंदूपासून गोलाच्या शेवटापर्यंत अंतर मोजावें. व त्यांतून कैवारानें मोजलेल्या व्यासावरून ठरविलेला गोलकाचा व्यासार्ध वजा करावा.

## प्रयोग १३ वा

आंदोलकाची लांबी व एका झोक्यास लागणारा वेळ यांचा संबंध दाखविणें.

क या आधार बिंदूपासून प हा गोल लोंबत सोडला आहे. वर सांगितल्याप्रमाणें आंदोलकाची लांबी सेंटिमीटरमध्यें मोजा. नंतर त्यास लहानसा झोंका द्या. म्हणजे तो अब रेषेंत हलूं लागेल. तो जेव्हां अ स्थानापासून ब स्थानापर्यंत जातो

तेव्हां अब या अंतरास आंदोलन असें म्हणतात. आंदोलकाची त्रिज्या शक्य तेवढी कमी धरून झोक्याच्या ठराविक संख्येस (२५, ५० किंवा १००) किती वेळ लागतो तो मोजा. याप्रमाणें लांबी कायम ठेवून तीन वेळ झोक्याच्या तितक्याच संख्येस किती वेळ लागतो तो मोजा. यावरून ठराविक संख्येस सरासरी किती वेळ लागतो तो काढा. याप्रमाणें पांच सहा वेळा लांबी बदलून तितक्याच झोक्याच्या संख्येस किती वेळ लागतो तो काढा. आंदोलकाची पहिली व बदलेली लांबी यामध्यें निदान ७।८ सेंटिमीटरचें अंतर ठेवा. याप्रमाणें प्रत्येक लांबीगणीक आंदोलकाच्या एका झोक्यास किती वेळ लागतो तो पहा. नंतर खालीलप्रमाणें कोष्टक भरा (आकृति ३० पहा).

| आंदोलकाची लांबी. = ल | एका झोक्यास ला. वेळ. (व) | वेळेचा वर्ग. $(व)^2$ | $\frac{(व)^2}{ल}$ |
|---|---|---|---|
| १८ सें. मी. | ·४३ सेकंड. | ·१८४९ | ·११० |
| २५ ,, | ·५१ ,, | ·२६०१ | ,, |
| ४२ ,, | ·६५ ,, | ·४२२५ | ,, |
| ६० ,, | ·८० ,, | ·६४ | ,, |
| ८० ,, | ·९० ,, | ·८१ | ,, |
| १०० ,, | १·०१ ,, | १·०२ | ,, |
| १२५ ,, | १·१२ ,, | १·२५ | ,, |

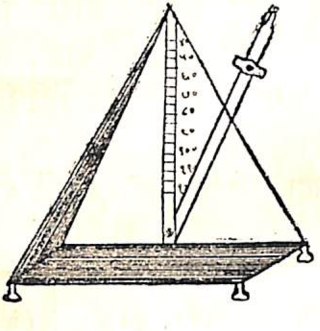
यावरून आंदोलकाची लांबी वेळच्या वर्गाच्या उलट प्रमाणांत असते. याचा अर्थ आपण आंदोलकाची लांबी चौपट वाढविली तर एका झोक्यास लागणारा वेळ दुप्पट होतो.

वरील प्रयोगांत झोक्यास लागणारा वेळ साध्या सेकंडकाटा

असलेल्या घड्याळावरून मोजतां येतोच, परंतु प्रयोगाच्या सोयीसाठीं म्हणून निराळ्या प्रकारचीं घड्याळें तयार केलीं आहेत. त्यांपैकीं एकास खट्घड्याळ व दुसऱ्यास तालमापक असें म्हणतात.

## (१) तालमापक

हा मनोराकृति चौकटींत बसविलेला आंदोलक होय. त्याची पट्टी अंकावली ( Scale ) समोर धरून चकती खालीं वर सरकवून पाहिजे त्या आंकड्यासमोर आणतां येते. याप्रमाणें आंदोलकाची लांबी कमीजास्त झाल्यानें एका मिनिटांत ४० पासून १२० पर्यंत वाटेल तेवढे ठोके मिळतात. घड्याळाप्रमाणेंच यांत्रिक सहाय्यानें तालमापक सारखा चालू राहतो, हा चालू असतो तेव्हां घड्याळाप्रमाणेंच टक्टक् असा प्रत्येक ठोक्यास आवाज होतो. म्हणून प्रयोगशाळेंत मध्यभागीं हा ठेविला असतां, पुष्कळजणांस एकाच वेळीं ठराविक झोक्यांच्या संख्येस लागणारा वेळ मोजतां येतो. परंतु याच्या ठोक्यांकडे सारखें अवधान ठेवावें लागतें. म्हणून आंदोलकाचा प्रयोग याच्या सहाय्यानें एकट्यास केव्हांही करतां येणार नाहीं. निदान दोन तरी मुलें लागतील. एकाचें काम आंदोलकाचे झोंके मोजण्याचें व दुसऱ्याचें काम झोक्यांस लागणारा वेळ मोजण्याचें; म्हणून हा प्रयोगशाळेंत मध्यभागीं ठेविला असतां एकाच वेळीं दोघादोघांस प्रयोग करतां येतो. आंदोलकाची लांबी कमाजास्त केली असतां झोक्यांस लागणारा वेळ कसा बदलतो ह्याचें तालमापक हें उत्तम उदाहरण आहे ( आकृति ३१ पहा ).

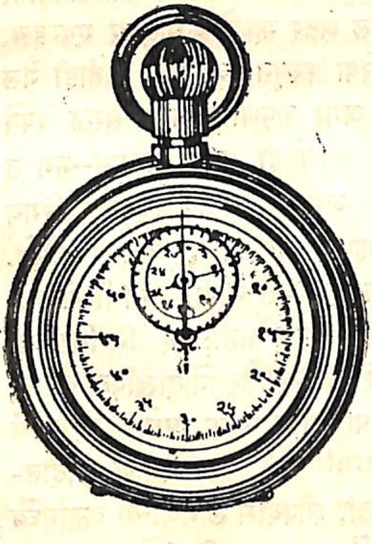


आकृति ३१ वी.

खटक्याचें घड्याळ

ज्या प्रसंगीं घडयाळाकडे लक्ष न देतां :सेकंदापर्यंत वेळ बिनचूक मोजावयाचा असतो,त्या प्रसंगीं साधीं सेकंद कांट्याचीं घड्याळें कामास येत नाहींत. कारण ह्यावरून वेळ मोजावयाचा म्हणजे सेकंद कांट्याच्या हालचालीकडे सारखें लक्ष लावावयास पाहिजे, आणि बऱ्याच वेळां हें शक्य नसतें. म्हणून घडयाळाकडे लक्ष्य द्यावयास न लागतां वेळ आपोआप बिनचूक मोजली जावी अशी तजवीज कांहीं विशिष्ट प्रकारच्या घडयाळांमध्यें केलेली असते, त्यास खटक्याचें घडयाळ असें म्हणतात.

आंदोलकाचे झोंके मोजतांना किंवा शर्यतीमध्यें कोणता घोडा किती वेळांत धांवून आला हें सांगतांना, याचा उपयोग करतात; कारण या दोन्हीही बाबतींत एकट्यास दोन्ही गोष्टींकडे प्रत्यक्ष लक्ष्य देतां येत नाहीं.



आकृति ३२ वी.

खटक्याच्या घडयाळाची रचना साध्या घड्याळाच्या रचनेप्रमाणेंच असते. परंतु वरच्या तबकडीवर आंकडे मात्र निराळे असतात. थोरला कांटा 'अ' सेकंड दाखवितो, व धाकटा कांटा 'ब' मिनिटें दाखवितो. शिवाय खटका दाबून हें वाटेल तेव्हां सुरू करतां येतें आणि वाटेल तेव्हां परत बंद करतां येतें

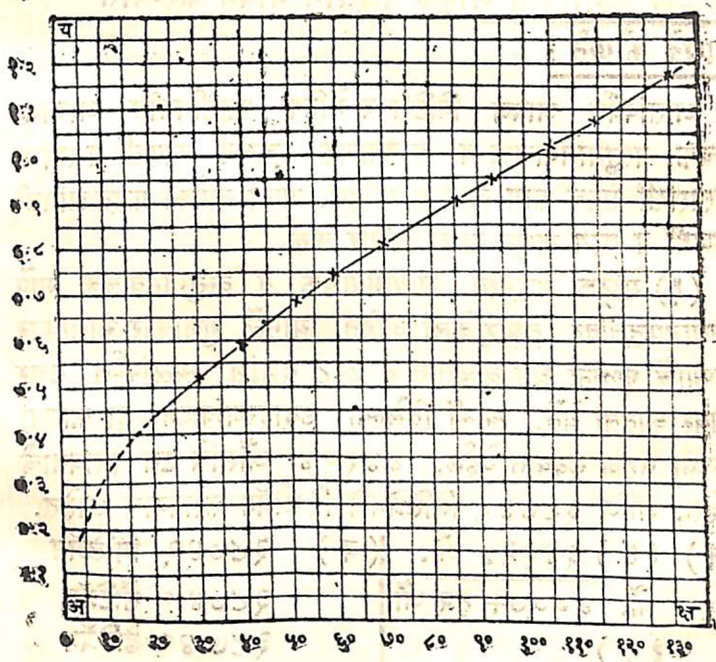
(आकृति ३२ पहा). आतां आपण घड्याळ चालूं आहे असें समजूं. पहिल्या खेपेस खटका दाबल्याबरोबर 'अ' कांटा जागच्या जागीं थांबतो. दुसऱ्या खेपेस खटका दाबला म्हणजे अ कांटा आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें पूर्वस्थळीं येतो, आणि तिसऱ्या खेपेस खटका दाबला म्हणजे घड्याळ नव्यानें पुन्हा चालू होतें.

## आलेख व त्याचा उपयोग

आलेखाचें महत्त्व वास्तवशास्त्रांत किती आहे, व त्याचा उपयोग इतरत्र व्यवहारांत कसा करतात, हें प्रथम समजणें आवश्यक आहे. आलेख म्हणजे चित्र; ज्याप्रमाणें एखाद्या पशूच्या शाब्दिक वर्णनापेक्षां चित्रावरूनच त्याबद्दल जास्त स्पष्ट कल्पना येते, त्याप्रमाणें संख्यापरिमेयें किंवा त्यांचा एकमेकांशीं असणारा संबंध आलेखावरून सहज व स्पष्ट समजतो. प्रथम फक्त संख्यापरिमेयेंच आलेखपत्रावर कशीं दाखवितात तें पाहूं. एक मैल अंतर म्हणजे कागदावर एक इंच, अर्धा इंच, अगर पाव इंच लांब रेषा कल्पून, आपणास कितीही मैल लांब अंतर, मग तें पूर्णांक असो अगर अपूर्णांक असो—सरळ रेषेनें दाखवितां येते. संख्यापरिमेयाचें कोणतेंही माप कल्पून—मग तें इंचांत असो अगर सेंटिमीटरमध्यें असो—त्याप्रमाणें दिलेलें परिमेय दाखविणारी सरळ रेषा काढली म्हणजे ती त्याचा 'आलेख' होतो. ही रेषा अमुकच दिशेनें काढली पाहिजे असें नाहीं. साधीं संख्यापरिमेयेंच दाखवून आलेखाचें काम संपत नाहीं; तर निरनिराळ्या परिस्थितींत संख्यापरिमेयाचे होणारे फरक आलेखानें दाखवितां येतात; दरवर्षीं एखाद्या ठिकाणीं होणारा पावसाचा फरक, प्रत्येक दिवसाचें चढतें उतरतें तपमान, (Temperature) त्याचप्रमाणें आंदोलकाची लांबी कमजास्त केली असतां, झोक्यास लागणाऱ्या वेळांमध्यें होणारा फरक, या गोष्टी आलेखानें सहज दाखवितां येतात.

## झोक्याचा आंदोलकाच्या लांबीशीं संबंध कसा दाखवावा?

आलेखपत्रावर दोन प्रकारच्या रेषा असतात; उभ्या आणि आडव्या. आणि यामुळें त्यावर चौरस बनलेले असतात. पत्रावरील कोणत्याही एका स्थिर बिंदूपासून उभी व आडवी रेषा काढा. उभ्या रेषेवर एका झोक्यास लागणारा वेळ आणि आडव्या रेषेवर लांबी दाखवा; लांबी




आकृति ३३ वी.

आणि वेळ यांच्या सामान्य बिंदूची खूण पत्रावर करा. याप्रमाणें जितक्या वेळां लांबी बदललेली असेल तितके बिंदू पत्रांवर तुम्हांस मिळतील.

या बिंदूतून जाणारी रेषा काढा. ती आंदोलकाच्या लांबीचा झोक्यांस लागणाऱ्या वेळेशीं संबंध दाखवील ( आकृति ३३ पहा ).

मागें पत्रकांत दाखविलेली लांबी व एका झोक्यास लागलेला वेळ, यांचा संबंध आकृतींत आलेखपत्रावर दाखविला आहे. त्यावरून स्पष्ट कल्पना येईलच.

## ब्रिटिश पद्धतीपेक्षां मेट्रिक पद्धतीनें मापन करण्यांत फायदे कोणते ?

आतांपर्यंत आपण ब्रिटिश व मेट्रिक पद्धतींमधील आयाम-वाचक, वस्तुमानवाचक व कालवाचक एकधेयें कोणतीं व त्यांचा परस्परांशीं संबंध काय आहे हें पाहिलें. आतां यांपैकीं पद्धत चांगली कोणती व काय म्हणून याचा विचार करूं.

(१) मेट्रिक पद्धतींत आयामवाचक व वस्तुमानवाचक मापें दशमानपद्धतीवर तयार केलीं आहेत. यामुळें गुणाकार भागाकार करण्याचें पुष्कळ श्रम वांचतात व ७।८ दशांश स्थळांपर्यंत उत्तर बरोबर काढतां येतें. खालीं दिलेल्या उदाहरणांवरून हा फायदा तुमच्या सहज लक्ष्यांत येईल. ६४१२४ औंसांचे टन करावयाचे आहेत, आणि ३८७४९ मिलिग्रॅमचे किलोग्रॅम करावयाचे आहेत.

| | |
|---|---|
| (अ) १६ ) ६४१२४ औं. | (ब) ३८७४९ मिलिग्रॅम |
| पौं. ४००७+ १२ औं. | ३८७४.९ सेंटिग्रॅम |
| ११२ ) | ३८७.४९ डेसिग्रॅम |
| ह. ३५ +८७ पौं. | ३८.७४९ ग्रॅम |
| २० ) | ३.८७४९ डेकॅग्रॅम |
| ट. १-१५ हंड्रेटवेट | .३८७४९ हेक्टोग्रॅम |
| उत्तरः-१ टन १५ हं. ८७ पौं. | .०३८७४९ किलोग्रॅम |

पहिल्या उदाहरणांत औंसांचे टन करण्याकरितां किती भागाकार करावा लागला तो पहा; आणि दुसऱ्यांत फक्त दशांश चिन्ह एकेक स्थान मागें न्यावें लागलें.

(२) मेट्रिक पद्धतींत वस्तुमान आणि व्याप यांचें एकधेय यांचा फार निकटचा संबंध आहे; कारण पाण्याच्या एक घनसेंटिमिटर व्यापाचें वस्तुमान हेंच वस्तुमानाचें एकधेय म्हणून ठरविलें आहे. त्याला ग्रॅम असें म्हणतात. या पद्धतींत पाण्याच्या वस्तुमानावरून व्याप व व्यापावरून त्याचें वस्तुमान चट्कन् सांगतां येतें.

---

## प्रश्न.

१ क्षेत्रफळ म्हणजे काय? त्याचें ब्रिटिश व मेट्रिक पद्धतींतील एकधेय कोणतें? तें कसें ठरविलें? वेड्यावांकड्या आकृतींचें क्षेत्रफळ कसें काढतात?

२ एक हौद १०० फूट खोल आहे, आणि त्याच्या पृष्ठभागापासून ४ फूट उंचीवर बसविलेल्या रहाटाचा व्यास १५ इंच आहे, तर घागर त्याच्या तळाशीं पोहोंचेपर्यंत रहाटावरील दोराची किती वेटोळीं सोडावीं लागतील?

३ एक कागदाचा वेडावांकडा तुकडा क्षेत्रफळ काढण्यास दिला, त्याच्यावर आलेखपत्रावरील चौरस किती बसतात ते मोजले, ते येणेंप्रमाणें भरले:—

पूर्ण चौरस = ७६. $\frac{3}{4}$ चौरस = ५२

$\frac{1}{4}$ चौरस = ९ $\frac{1}{2}$ चौरस = १६

दर पूर्ण चौरसाची बाजू ·१ इंच आहे. तर सर्व तुकड्याचें क्षेत्रफळ किती?

४ एका वर्तुळाकृति क्रिकेटच्या मैदानाची त्रिज्या ७०० यार्ड आहे, तर प्रत्येकीं ४४ यार्ड अंतरानें त्याच्या शिवेवर किती निशाणें लावितां येतील?

५ व्याप म्हणजे काय? एखाद्या नियमित पदार्थाचा व्याप तुम्ही किती रीतींनीं काढाल? दोन्ही रीतींचें सविस्तर वर्णन द्या.

६ एका वाटोळया तांब्याच्या हौदाचा व्यास ४२ फूट आहे. त्या हौदाची उंची २० फूट आहे. तर त्या हौदांत किती लिटर पाणी मावेल ?

१ इंच = २·५ सेंनमीटर, १००० घन. सें. मीटर = १ लिटर.

७ एका चौकोनी पत्र्याची लांबी १० फूट आहे व रुंदी ३ फूट आहे, तर त्याची रूळाकृति बनविल्यास त्यांत किती गॅलन पाणी मावूं शकेल ?

१ गॅलन=·१६ घनफूट

८ पदार्थांचें वस्तुमान व वजन म्हणजे काय, हें स्पष्ट सांगून दोहोंतील फरकाचें विवरण करा.

९ पृथ्वी व चंद्र यांचा व्यास २२ स ६ या प्रमाणांत आहे, तर पृथ्वीचा व्याप चंद्राच्या कितीपट असावा ? (पृथ्वीचा व्यास८०००मैल).

१० एका नळींत ५०·५६ ग्रॅम पाणी मावतें. तिची उंची ३ फूट आहे, तर तिची आंतील त्रिज्या काय ?

११ तराजूच्या साहाय्यानें पदार्थाचें वजन करतांना कोणकोणत्या गोष्टी लक्षांत ठेविल्या पाहिजेत ? मालाचे मट्ठे वजन करण्याच्या तराजूचें वर्णन करा.

१२ तराजूच्या एका पारड्यांत १८ पौंड वजन आहे. दुसऱ्या पारड्यांत ६ पाड वजन घातल्यावर तराजू समतोल स्थितींत आला. तर तराजूच्या दांडीला समतोल दाखविणारा कांटा, कोणत्या ठिकाणीं आहे तें सांगा. तराजूची दांडी १६ इंच लांब आहे.

१३ ब्रिटिश व मेट्रिक मापनपद्धतींपैकीं जास्त सोयीची कोणती याविषयीं तुमचें मत कारणें देऊन लिहा.

जगांतील ग्रॅमचीं सर्व वजनें नाहींशीं झालीं, तर तुम्ही १० ग्रॅमचें वजन कसें तयार कराल ?

१४ कालाचें एकधेय कोणतें व तें कसें प्रचारांत आलें असावें ?

१५ निरनिराळया जुन्या वेळ मोजण्याच्या साधनांचें थोडक्यांत वर्णन करा.

१६ आंदोलक म्हणजे काय? त्याच्या लांबीचा झोक्यांशीं काय संबंध आहे? त्याचा घड्याळाच्या रचनेकडे कसा उपयोग होतो तें सांगा.

१७ आलेख म्हणजे काय? त्याचा तुम्ही केलेल्या एखाद्या प्रयोगांत कसा उपयोग केला, तें विशद करा.

# प्रकरण ३ रें.

मागील प्रकरणांत क्षेत्र, व्याप, वस्तुमान व काल यांचीं एकधेयें व मापनाचे प्रकार सांगितले; कारण हें मापनाचें ज्ञान वास्तवशास्त्र शिकतांना असणें जरूर आहे. तसेंच या शास्त्राचे पुढील निरनिराळे भाग शिकण्यापूर्वीं पदार्थ व त्याचें सामान्य गुणधर्म यांविषयींही माहिती असणें जरूर आहे.

## पदार्थ म्हणजे काय?

सृष्टींत जे फेरफार घडतात किंवा जे चमत्कार पाहण्यांत येतात त्या सर्वांस मूळ कारण पदार्थ होय. ह्यास्तव पदार्थ म्हणजे काय हें स्पष्ट समजलें पाहिजे. पदार्थ म्हणजे काय हें आम्हांस ठाऊक आहे असें तुम्ही म्हणाल; परंतु आतां तुम्हांस यांविषयीं कांहीं प्रश्न विचारतों त्यांचीं उत्तरें कशीं देतां तें पाहूं. टेबल हा पदार्थ आहे कीं नाहीं? उ० आहे. घर? उ० होय. अग्नि? उ० होय. उष्णता? उ० होय. वीज? उ० होय. पाणी? उ० होय. ह्या तुमच्या उत्तरांपैकीं कित्येक उत्तरें चुकलीं आहेत. कारण ज्या कित्येकास पदार्थ म्हणतां येणार नाहीं, त्यास तुम्हीं पदार्थ म्हटलें. याकरितां पदार्थ कशास म्हणावें व कशास म्हणूं नये हें तुम्हांस बरोबर माहीत नाहीं.

जो इंद्रियगोचर आहे, आणि ज्यास कांहीं आकृति व वजन आहे, त्यास वास्तवशास्त्रांत पदार्थ असें म्हणतात. आतां या व्याख्येवरून तुमचीं उत्तरें किती बरोबर आहेत किंवा किती चुकलीं आहेत तें पाहूं. टेबल व घर हे पदार्थ आहेत; कारण ते इंद्रियगोचर असून त्यांस कांहीं आकृति व वजन आहे. अग्नि इंद्रियगोचर आहे, परंतु त्यास आकृति व वजन नाहीं; म्हणून तो पदार्थ नव्हे. कारण तोळा दोन तोळे अग्नि निराळा घेऊन त्याचें वजन करितां येणार नाहीं.

पुढें तुम्हांला असें समजेल कीं, अग्नि हें केवळ रासायनक्रियेचें फल आहे. पाणी हा पदार्थ आहे; कारण तो इंद्रियगोचर असून त्यास वजन आहे. परंतु उष्णता व वीज हे पदार्थ नव्हेत. यांचें जें ज्ञान इंद्रियास होतें, तें केवळ त्यांच्या दुसऱ्या पदार्थांवरील परिणामापासून होय. उष्णता व वीज एका डबींत घालून त्यांचें वजन करितां येत नाहीं. यावरून पदार्थ कशास म्हणतात याची तुम्हांस बरीच कल्पना आली असेल. आतां तुम्हांस दोन प्रश्न विचारतों. गायन हा पदार्थ आहे कीं नाहीं? उ० नाहीं. बरोबर आहे. कारण, जरी मनुष्य गाऊं लागला म्हणजे आपण कानांनीं ऐकतों तरी त्यास आकृति व वजन नाहीं. फळ्यावर काढलेलें चित्र पदार्थ आहे कीं नाहीं? उ० आहे. चूक आहे कारण जरी तें इंद्रियगोचर आहे, तरी त्याचें वजन करितां येत नाहीं; म्हणून त्यास पदार्थ म्हणतां येत नाहीं.

## पदार्थांचीं तीन रूपें

पदार्थाचें हें लक्षण ध्यानांत ठेवून जर सृष्टींतील पदार्थ पाहूं लागलों, तर या लक्षणाचे पदार्थ तीन स्थितींत आढळतील; ( १ ) स्थाणु अथवा भरीव, ( २ ) द्रव, पातळ अथवा प्रवाही, आणि ( ३ ) वायुरूप.

लांकूड, दगड, धातु, कापड इत्यादि पदार्थ स्थाणुरूप होत. हे कमीजास्त कठीण असतात. ते आपली मूळची स्वाभाविक किंवा कृत्रिम आकृति सहसा बदलीत नाहींत. त्यांचे कण एकमेकांस इतके चिकटून असतात कीं, ते आपलीं स्थानें बाह्य कारणाशिवाय सोडीत नाहींत.

पाणी, तेल, पारा इत्यादि पदार्थ द्रवरूप आहेत. या द्रवरूपी किंवा पातळ पदार्थांत काठिण्य मुळींच नसतें. यांत एकादा पदार्थ

बुडविला तर त्यास थोडाच प्रतिबंध होतो. त्यास स्वतःची आकृति मुळींच नसून ज्या भांड्यांत त्यांस तुम्ही ठेवितां त्याची आकृति ते लागलीच स्वीकारतात. यांचे कण एकमेकांस फारसे चिकटलेले नसून सहजरित्या ते इकडे तिकडे सरकतात. शिवाय द्रवरूप पदार्थांचा पृष्ठभाग अगदीं सपाट असतो. उदाहरणार्थ, पाणी कोणत्याही भांड्यांत घातलें तरी त्याचा पृष्ठभाग सपाट राहतो एवढेंच नव्हे, तर तें हालवून त्याच्या पृष्ठभागाची सपाटी मोडली तरी तें संथ झाल्याबरोबर त्याचा पृष्ठभाग पूर्ववत् सपाट होतो. द्रवरूप पदार्थ कोणत्याही भांड्यांत घातला तरी त्याचा व्याप बदलत नाहीं.

हवा, धूर, पाण्याची वाफ वगैरे पदार्थ वायुरूप होत. हे फार हलके असतात. कांहीं थोड्या रंगयुक्त वायूंशिवाय ते अदृश्य असतात. हें कांचेचें भांडें पहा. हें रिकामें आहेसें दिसतें. परंतु यांत हवा आहे हें खालील प्रयोगावरून तुम्हांस कळेल.

## प्रयोग १४ वा

एक कांचेचें भांडें उपडें करून पाण्यानें भरलेल्या भांड्यांत उभें बुडवा. तें कितीही खालीं दाबलें तरी त्यांत पाणी शिरत नाहीं. ह्याचें कारण काय असावें? कारण हें आहे कीं, भांड्यांत हवा असून तिनें पेल्यांतील पोकळी व्यापिली आहे. यावरून हवा हा पदार्थ आहे यांत शंका नाहीं. पण त्यास ठराविक आकृति किंवा व्याप असतो काय? एखाद्या बंद केलेल्या खोलींत थोडासा धूर केला म्हणजे तो सर्व खोलीभर पसरतो व तो तिच्या आकृतीचा व व्यापाचा बनतो. ह्यावरून वायुरूप पदार्थास नियमित आकृति किंवा व्याप नसतो व याचा कल सदोदित अधिकाधिक जागा व्यापण्याचा असतो, हें तुम्हांस कळून येईलच.

## पदार्थांचें अवस्थांतर

एकच पदार्थ तीनही रूपांत सांपडतो. उदाहरणार्थ, पाणी सामान्यपणें द्रवरूपांत आढळून येतें. परंतु उष्णतेनें वायुरूपांत किंवा थंडीनें स्थाणुरूपांत ( बर्फांत ) त्याचें रूपांतर होतें. सर्व पदार्थांस हीं तिन्हीं रूपें देतां येतात. परंतु त्यास कोणती विशिष्ट परिस्थिति लागते वगैरे माहिती तुम्हांस पुढें कळेल; तूर्त इतकेंच लक्षांत ठेवा कीं, स्थाणु पदार्थांच्या कणांत परस्पर आकर्षण फार असतें; पातळ पदार्थांच्या कणांत त्याहून कमी असून त्यांमध्यें तितकें परस्पर प्रतिसारण असतें. आणि वायुरूप पदार्थांच्या कणांत आकर्षण फारच कमी असून प्रतिसारण फारच बलवत्तर असतें.

कांहीं पदार्थ स्थाणु अवस्थेंतून एकदम वायुरूप अवस्थेंत जातात. त्यांना मधली द्रवावस्था येतच नाहीं. उदाहरणार्थ, कापूर व आयोडीन्, कापराची वडी किंवा आयोडीनचे तुकडे दिव्यावर तापविले असतां, त्याची एकदम वाफ होऊं लागते. अशा प्रकारच्या स्थित्यंतरास संप्लवन (Sublimation) असें म्हणतात.

## पदार्थांचे धर्म

पदार्थ हें नांव कशाला द्यावें व ते किती रूपांनीं आढळतात हें तुम्हांला सांगितलें. आतां जे शेंकडों पदार्थ तुम्ही पाहतां त्या सर्वांच्या अंगीं एकच गुण आहे कीं भिन्नभिन्न आहेत? अर्थात् प्रत्येक पदार्थाचे गुण भिन्नभिन्न आहेत. पृथ्वीवरील कोट्यवधी पदार्थ पाहिले म्हणजे प्रथमतः अशीच कल्पना होते. लांकूड हलकें असून जळतें, कांचेंतून पदार्थ आरपार दिसततात, व ती धक्का लागला कीं फुटते. धातूस एक प्रकारची चकाकी असून नाद असतो, सोनें लवकर गंजत नाहीं, परंतु तांबें गंजतें; माती हाताला चिकटते, वाळू चिकटत नाहीं, डिंक तर फारच चिकटतो. ह्या भिन्नभिन्न क्रिया पाहून प्रत्येक

पदार्थांचे आंगीं निरनिराळे गुण आहेत असें वाटतें व तें बरोबर आहे. निदान निरनिराळ्या जातींचे पदार्थ घेतले तर त्यांमध्यें निरनिराळे गुण असतातच. परंतु पृथ्वीवरील सर्व पदार्थांत कांहीं सामान्य गुण आहेत. पदार्थ कोणत्याही रूपांत असला, तरी ते त्याच्या आंगीं असतातच. पदार्थांच्या त्या गुणास वास्तवशास्त्रांत 'धर्म' असें म्हणतात. पदार्थांच्या धर्मांचे दोन वर्ग केले आहेत. एका वर्गांत त्याचे साधारण धर्म व दुसऱ्या वर्गांत त्यांचे विशेष धर्म येतात. ह्यांपैकीं प्रथम फक्त जे धर्म, तिन्ही रूपांच्या सर्व पदार्थांत साधारण आढळतात, ते आपण पाहूं.

पदार्थांचे मुख्य साधारण धर्म आठ आहेत. त्यांचीं नांवें संस्कृत असल्यामुळें ध्यानांत ठेवण्यास कठीण आहेत, परंतु तेथें इलाज नाहीं, त्या नांवांवरून जसा त्या धर्माचा बोध होईल, तसा दुसऱ्या नांवां-पासून होणार नाहीं. एकदां ते शब्द तुमच्या मनांत ठसले म्हणजे पुढें अवघडही वाटणार नाहींत.

साधारण धर्मांचीं नांवें येणेंप्रमाणें आहेत. (१) परिमेयता, (२) निर्भेद्यता, (३) विभाज्यत्व, (४) जडत्व, (५) सच्छिद्रता, (६) संकोच्यत्व, (७) स्थितिस्थापकता व (८) अविनाशित्व. यांचा आणप क्रमशः विचार करूं.

## (१) परिमेयता

सृष्टींतील कोणताही पदार्थ घेतला, तरी तो कांहींना कांहीं जागा व्यापतो. पदार्थानें जागा व्यापिली म्हणजे त्यास कांहीं लांबी, रुंदी व जाडी ही असतेच. आणि हीं असलीं म्हणजे त्यांस कांहीं-ना कांहीं आकृति असते. स्थाणु किंवा अप्रवाही पदार्थास त्याची म्हणून ठराविक आकृति असते, परंतु पाणी हवा वगैरे प्रवाही

पदार्थांस ते ज्या भांड्यांत ठेवावेत त्यांच्या आकृति त्यांस येतात; असें आहे तरी ते निराकृति मात्र नसतात; कारण ते कांहींना कांहीं जागा व्यापतात. म्हणून पदार्थांच्या आंगीं जागा व्यापण्याचा जो धर्म आहे त्यास परिमेयता असें म्हणतात.

## ( २ ) निर्भेद्यता

ज्या जागेंत ही दौत आहे, तेथें ती असेपर्यंत दुसरा पदार्थ राहूं शकत नाहीं; कारण ही दौत दुसऱ्या पदार्थास या जागीं शिरूं देत नाहीं. म्हणजे दौत व दुसरा पदार्थ एकाच काळीं एकच जागा व्यापूं शकत नाहींत. जर तो दुसरा पदार्थ तुम्हांस त्या जागीं ठेवावयाचा असेल तर प्रथम तेथून ती दौत उचलून दूर ठेविली पाहिजे. आतां तुम्ही कदाचित् म्हणाल कीं, दौतींत शाई घातली म्हणजे, त्यांत राहते. परंतु ज्या धातूची दौत केली आहे, त्या धातूनें आंतील पोकळी व्यापिलेली नाहीं; ती पोकळी हवेनें व्यापिलेली आहे. म्हणून तेथली हवा बाहेर काढून लाविल्याखेरीज दौतींत शाई शिरणार नाहीं. आतां ती पाण्यांत बुडवा; पहा, तींतून एकामागून एक बुडबुडे वर निघूं लागले, आणि पाणी आंत शिरूं लागलें. त्याच कारणाकरितां कांचेचें भांडें उपडें पाण्यांत बुडविल्यास त्यांत पाणी शिरत नाहीं. सारांश, दोहों पदार्थांस एका काळीं एका जागीं राहतां येत नाहीं, हा जो पदार्थाचा धर्म तो निर्भेद्यता होय.

## ( ३ ) विभाज्यत्व

हा खडूचा तुकडा घेऊन फोडिला, तर त्याचे दोनचार तुकडे होतात. ह्या प्रत्येक तुकड्याचे पुन्हा बारीक तुकडे करितां येतात. हे तुकडे खलबत्त्यांत घालून खलले म्हणजे अगदीं बारीक पीठ होतें. आतां या पिठाचा एकेक कण इतका बारीक आहे कीं, तो

५

निराळा घेतला तर नुसत्या डोळ्यांनीं दिसूं शकणार नाहीं. त्याप्रमाणें दुसरा कोणताही पदार्थ घेतला, तर त्याचे हवे तेवढे बारीक भाग करितां येतात.

जे बारीक भाग आपण पाहतों त्या प्रत्येकाचेही आणखी लक्षावधी भाग करितां येतात. उदाहरणार्थ, ही चिमूटभर साखर घेऊन या भांड्यांतील पाण्यांत टाका. ही पाण्यांत विरघळल्यानें सर्व पाण्यास गोडी आली. त्यांतील एक थेंब जिभेवर ठेविल्यास त्यास साखरेची गोड रुचि लागते. तसेंच या दुसऱ्या भांड्यांत एक चिमूटभर तांबडा रंग टाका. पहा, तेवढ्यानें सर्व पाणी लाल झालें. यांतील एकच थेंब कागदावर ठेविल्यास तो स्पष्ट लाल दिसतो. यावरून चिमूटभर साखरेचे किंवा रंगाचे किती सूक्ष्म भाग झाले ते पहा !

सोन्याचें अगदीं बारीक सूत तुम्ही पाहिलें असेलच. तसेंच सोन्याचे वर्खही तुम्ही पाहिले असतील. अर्धा गुंज सोनें घेऊन त्याचा पन्नास चौरस इंच जागा व्यापण्याजोगा वर्ख ( पत्रा ) तयार करितां येतो. अत्तराची किंवा कस्तुरीची कुपी एखाद्या खोलींत उघडली तर ती सर्व खोली सुवासानें घमघमून जाते. त्या स्थळींही अत्तराचे किंवा कस्तुरीचे लक्षावधी भाग झाले.

यावरून असें अनुमान काढिलें आहे कीं, पदर्थाचे अगणित विभाग करितां येतात व पदार्थांच्या या धर्मास विभाज्यत्व असें म्हणतात.

### ( ४ ) जडत्व

सर्व पदार्थ जड आहेत; म्हणजे त्यांस आपोआप हालतां किंवा स्थिर होतां येत नाहीं. जर पदार्थ स्थिर असला तर तो आपोआप हालत किंवा चालत नाहीं. त्यास कांहीं कारणानें प्रेरणा दिली तर मात्र त्यास गति येते; तसेंच जर त्यास गति मिळाली असली, तर

कांहीं प्रतिबंधक भेटल्याशिवाय तो थांबत नाहीं. ह्यांपैकीं एक गोष्ट मात्र तुम्हांस पटेल. ती ही कीं, जर हें पुस्तक या टेबलावर स्थिर ठेविलें, तर त्यास कोणी तरी हालविल्याखेरीज तें तेथून हालत नाहीं. ही गोष्ट जशी तुम्हांस खरी वाटते, तशीच दुसरीही खरी आहे. जर हा दगड फेंकला, आणि त्यास दुसऱ्या कारणानें प्रतिबंध केला नाहीं, तर तो तसाच पुढें सरळ रेषेंत जात राहील; परंतु तो खालीं पडतो. त्यामुळें तुम्हांस असें वाटतें कीं, गति मिळालेला पदार्थ आपोआप थांबतो. जो पदार्थ आपण फेंकतो, त्यास प्रतिबंधक दोन कारणें होतात. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील हवा हें एक, व तिचें आकर्षण हें दुसरें, आणि म्हणूनच वर फेंकलेला दगड खालीं पडतो. जर हीं दोन प्रतिबंधक कारणें नाहींशीं केलीं, तर फेंकलेला दगड तसाच पुढें जात राहील. कधींही थांबणार नाहीं. प्रतिबंधक कारणें ज्या मानानें कमी होतील, त्या मानानें पदार्थाची गति अधिक वेळ चालू राहते, हें आपणांस भोंवतालच्या उदाहरणांवरून दाखवितां येईल. खरबरीत जमीनीपेक्षां गुळगुळीत जमीनीवर भोंवरा अधिक वेळपर्यंत फिरत राहतो.

या उदाहरणांवरून पदार्थाचें जडत्व तुमच्या ध्यानांत आलें असेलच पदार्थास गमनावस्थेंत असतां स्थिरावस्थेंत, किंवा स्थिरावस्थेंत असतां गमनावस्थेंत, आपोआप जातां येत नाहीं, पदार्थाच्या या साधारण धर्मास जडत्व असें म्हणतात.

## (५) सच्छिद्रता

सर्व प्रकारच्या पदार्थांस लहान छिद्रें असतात, म्हणजे पदार्थाचे कण एकमेकांस अगदीं चिकटलेले नसून त्यांमध्यें कांहीं अवकाश असतो; आतां हीं छिद्रें कित्येक पदार्थांत अधिक असतात व कित्येकांत कमी असतात; मातीचीं भांडीं फार सच्छिद्र आहेत. लांकूड सच्छिद्र

आहे ही वेताची छडी घेऊन तिचें एक टोंक पाण्यांत घातलें, आणि दुसऱ्या टोंकानें फुंकलें, तर पाण्यांत हवेचे बुडबुडे येतात. वेतास छिद्रें आहेत म्हणून त्यांतून हवा पाण्यांत जाते. लांकूडच नव्हे तर सोन्यासारखी धातूही सच्छिद्र आहे, असें सिद्ध झालें आहे. फ्लॉरेन्स येथील प्रसिद्ध विद्यालयांतील विद्वानांनीं पाणी आकुंचित होतें कीं नाहीं हें पाहण्याकरितां सोन्याचा एक पोकळ गोळा करून त्यांत कांठोकांठ पाणी भरलें, आणि तोंड पक्कें बंद करून त्यावर पुष्कळ दाब घातला. असें केल्यानें जर गोळा चपटा झाला असता, तर पाणी आकुंचित होतें असें सिद्ध झालें असतें. परंतु गोळा चपटा होण्याऐवजीं त्याच्या बाहेरील बाजूवर दंवासारखें पाणी दिसूं लागलें. दाबानें पाणी आकुंचित झालें नाहीं. तेव्हां सोन्याच्या छिद्रांतून पाणी बाहेर आलें. यावरून त्यांनीं सोनें सच्छिद्र आहे असें ठरविलें.

हा खडूचा तुकडा पाण्यांत टाकिला म्हणजे त्यांतून बुडबुडे निघतात; कारण खडूच्या छिद्रांत जी हवा असते ती बाहेर पडते, व त्यांत पाणी शिरतें. असेंच लांकूड किंवा कोळसा पाण्यांत घातल्यानें होतें. कित्येक पदार्थ तर फारच सच्छिद्र असतात, हा स्पंजचा एवढासा तुकडा पहा. हा पाण्यांत बुडविला म्हणजे त्यांत किती तरी पाणी राहतें! जितकीं पदार्थांस जास्त छिद्रें असतात तितके ते हलके असतात. लांकूड हलकें असून पाण्यावर तरतें, परंतु त्याच्या छिद्रांत पाणी शिरलें म्हणजे तें जड होऊन दगडासारखें पाण्यांत बुडतें. आपल्या त्वचेस जीं छिद्रें आहेत त्यांतूनच घाम बाहेर येतो.

पदार्थांस छिद्रें आहेत म्हणून दोन पदार्थ एकत्र केल्यानें कधीं कधीं पूर्वींपेक्षां कमी जागा व्यापतात; कारण पदार्थांचे कण एकमेकांच्या छिद्रांत शिरतात. दारू आणि पाणी एकेक औंस घेऊन

मिसळलें तर मिश्रण दोन औंसाहून कमी होतें. ह्यावरून सर्व पदार्थ सच्छिद्र आहेत हें सिद्ध झालें. पदार्थाच्या या धर्मास सच्छिद्रता असें म्हणतात.

## (६) संकोच्यत्व

सर्व पदार्थ संकोच्य आहेत, म्हणजे पदार्थांची आकृति दाबानें किंवा थंडीनें लहान करितां येते. आकृतीचा संकोच होतो त्यावरून पदार्थ सच्छिद्र आहेत हें सिद्ध होतें. कारण पदार्थांच्या कणांमध्यें अवकाश नसता, तर कण जास्त निकट येऊन पदार्थ संकोच पावले नसते. कित्येक पदार्थ सहज संकोच पावतात, कित्येकांस अतिशय दाबलें तर मात्र आकुंचित होतात; परंतु कित्येक फार दाबल्यानें फुटतात. स्पंज, रबर, बूच, कागद, कापड व कापूस हे फार संकोच्य आहेत. त्यांस नुसत्या बोटांनीं दाबिलें तरी त्यांची आकृति लहान होते. रबराचा चेंडू दाबल्यानें चपटा करितां येतो. धातू सुद्धां थंडीनें संकोच पावतात.

सर्व प्रवाही पदार्थांत रसरूपी (द्रव) पदार्थ कमी संकोच्य आहेत; परंतु वायुरूपी पदार्थ फारच संकोच्य आहेत. सायकलच्या पंपाचें खालचें द्वार बोटानें बंद करून दट्ट्या वरून खालीं सारला तर हवा इतकी संकोच पावते कीं, निम्याहून अधिक पंपाच्या नळींत दट्ट्या सहज सारतां येतो. पुष्कळ वायूंस दाबानें द्रवरूप देतां येतें. पदार्थाचा संकोच पावण्याचा हा जो धर्म त्यास संकोच्यत्व असें म्हणतात.

## (७) स्थितिस्थापकता

पदार्थांची मूळची आकृति कांहीं विशेष कारणानें बदलली तर तें कारण नाहींसें करितांच ते ती आकृति फिरून धारण करितात, म्हणजे त्यांची मूळची जी स्थिति असेल तीच पुन्हा

ते स्वीकारतात. पदार्थांच्या या धर्मास स्थिति स्थापकता असें म्हणतात. उदाहरणार्थ, हा रबरी चेंडू बोटांनीं दाबल तर दबतो, परंतु बोटें काढल्याबरोबर तो मूळची आकृति धारण करतो. त्याचप्रमाणें रबराची दोरी ताणली म्हणजे लांब होते; परंतु ताण काढतांच मूळच्याप्रमाणें आंखूड होते. त्या पिचकारींतील हवा खालचें तोंड बंद करून दट्टया दाबला म्हणजे आकुंचित होते; परंतु दट्टयावरील दाब काढतांच ती मूळची आकृति धारण करते.

स्थाणु व द्रव पदार्थांच्या आंगीं हा धर्म कमी असतो, परंतु वायुरूप पदार्थांत हा धर्म फार आढळतो. पदार्थांच्या ह्या धर्माचा उपयोग व्यवहारांत पुष्कळ ठिकाणीं करितात. गाड्यास किंवा टांग्यास लवचिक कमानी असतात; त्या स्थितिस्थापक असतात. म्हणून त्यावर दाब पडेल तशा त्या आकुंचित होतात, व पुन्हा मूळच्या स्थितीस येतात. म्हणून गाडींत बसणारांचें शरीर फार हलत नाहीं. घड्याळांस किल्ली दिली म्हणजे त्यांची कमान आकुंचित होते; परंतु आपल्या स्थितिस्थापकधर्मामुळें उकलूं लागते त्यामुळें घड्याळें चालतात. हवा भरलेल्या रबरी पिशव्यांचा उशीप्रमाणें उपयोग होतो, तो याच कारणामुळें होय. हवा संकोच्य व स्थितिस्थापक आहे म्हणूनच या मऊ व सुखावह वाटतात.

## (८) अविनाशित्व

पदार्थ किंवा द्रव्य अविनाशी आहे. म्हणजे पदार्थाच्या यत्किंचित् भागाचा सुद्धां नाश होत नाहीं, किंवा करितांही येत नाहीं. त्याचप्रमाणें कोणत्याही पदार्थाचा अत्यंत लहान भागही आपणांस नवीन उत्पन्न करितां येत नाहीं. पदार्थाची आकृति व रूप बदलतां येईल, परंतु त्यांतील एकही परमाणु कधीं नष्ट होणार नाहीं व एकही परमाणु नवीन बनवितां येणार नाहीं. पदार्थ नष्ट होतात असा साधा-

रण समज आहे. परंतु तो केवळ अज्ञानमूलक होय. पदार्थ जाळले म्हणजे नाश पावतात असें दिसतें; परंतु वस्तुतः त्याच्या एका पर-माणूचा सुद्धां नाश होत नाहीं. फक्त त्यांचें रूपांतर होतें. बराच अंश वायुरूपानें उडून जातो व बाकी कांहीं राख राहते. मेणबत्ती जळली म्हणजे ती सारी नाहींशीं होते असें वाटतें. परंतु मेणबत्तीचा एक कोट्यांश सुद्धां नाश होत नाहीं. मेणबत्ती जळून वायुरूपानें जीं द्रव्यें उडून जातात तीं सर्व धरलीं व वजन केलीं, तर मूळच्या मेणबत्तीहून वजनानें जास्त भरतात. कारण ती हवेंतील कांहीं द्रव्यांशीं संयोग पावते. सारांश, सर्व पदार्थ अविनाशी आहेत.

## स्थाणु पदार्थांचे विशेष धर्म

स्थाणु, द्रव, आणि वायु या तीन रूपांत पदार्थ आढळतात; या तिन्हीं रूपांच्या पदार्थांत जे साधारण धर्म आढळतात ते वर सांगितले; आतां प्रत्येक रूपाचे पदार्थ घेऊन त्यांमध्यें वेगवेगळे काय काय धर्म आहेत याचा विचार करूं.

हे विशेष धर्म पुष्कळ आहेत. त्यांपैकीं जे मुख्य व ज्यांचा व्यवहारांत फार उपयोग आहे, त्यांचीं नांवें येणेंप्रमाणें—(१) स्नेहाकर्षण, (२) चिवटपणा, (३) प्रसरणशीलत्व, (४) लवचिकपणा, (५) घनता, (६) काठिण्य, (७) ठिसूळपणा.

( १ ) **स्नेहाकर्षणः**—स्थाणु पदार्थांतील मुख्य धर्म त्यांच्या कणांमधील स्नेहाकर्षण हा होय. तो वर उचलला तर सर्व वर येतो. त्याचा तुकडा निघत नाहीं. कारण त्याचे कण स्नेहाकर्षणानें एकमेकांस चिकटून रहातात. ते आपली आकृति सहसा बदलीत नाहींत. ही लोखंडी कांब चौकोनी आहे. हीस सहज वाटोळी करतां येत नाहीं. आतां अशा पदार्थांची आकृति कधींच बदलतां

येत नाहीं, असें नाहीं. अत्यंत जोर लाविला म्हणजे स्थाणु पदार्थांच्या आकृति बदलतां येतात. स्थाणु पदार्थांत देखील स्नेहाकर्षण सर्वांत सारखें नसतें. कित्येकांत फार असतें कित्येकांत कमी असतें. तुपाचा किंवा मेणाचा गोळा असला तर त्यांतून एक लचका सहज घेतां येतो आणि यांच्या गोळ्यास पाहिजे ती आकृति सहज देतां येते. तसा दगडाचा किंवा तांबें, लोखंड वगैरे धातूचा तुकडा सहज पाडतां येत नाहीं; कारण दगड व धातु यांमध्यें मेणाहून अधिक स्नेहाकर्षण आहे.

( २ ) **चिवटपणाः**—स्थाणु पदार्थांचा दुसरा धर्म त्यांचा चिवटपणा होय. पदार्थांवर मोडणें, तोडणें, फोडणें इत्यादि क्रिया करीत असतां, त्यांजकडून जो अडथळा किंवा प्रतिकार होतो त्यास चिवटपणा असें म्हणतात. पोलादाची एक तार घेऊन ती एका टोंकानें आढ्यास टांगा, आणि दुसऱ्या टोंकास पारडें अडकवा. पारड्यांत तार तुटेपर्यंत वजनें टाका. ज्या वजनानें तार तुटेल तें वजन तिच्या चिवटपणाचें माप समजावें. ज्या मानानें पदार्थांच्या कणांमध्यें स्नेहाकर्षण असेल त्यामानानें त्यांचा चिवटपणा कमजास्त असतो. कांच लांकूड वगैरे पदार्थ तेव्हांच मोडतात. लोखंड, पोलाद वगैरे धातु फारच चिवट असतात; परंतु सर्व धातु सारखे चिवट नसतात. निरनिराळ्या धातूंत निरनिराळा चिवटपणा असतो एवढेंच नाहीं, तर तो पदार्थांचा आकृतीस अनुसरून बदलतो. चौकोनी अष्टकोनी तारेच्या चिवटपणापेक्षां वाटोळ्या तारेचा चिवटपणा अधिक असतो; मात्र दोहोंच्या छेदाचें क्षेत्रफळ एकच असलें पाहिजे.

( ३ ) **प्रसरणशीलत्वः**—ज्या धर्मानें पदार्थांचे हातोडीनें ठोकून पातळ पत्रे करितां येतात त्या धर्मास प्रसरणशीलत्व असें म्हणतात. धातूंच्या या गुणामुळें त्यांचा कलाकौशल्यांत फार उपयोग होतो. हें

प्रसरणशीलत्व तपमानाबरोबर (Temperature) वाढतें. तप्त लोखंड जसें घडवितां येतें, तसें थंड लोखंड घडवितां येत नाहीं, हें तुम्हांस माहीत आहेच. धातू तापविले म्हणजे त्यांचा चिवटपणा न जातां ते फार मऊ होतात. चिवटपणा व मऊपणा हे दोन धर्म धातूंच्या आंगीं नसते तर हातोड्याच्या घावाखालीं ते मोडून गेले असते. कित्येक धातु थंड असतांनाही घडवितां येतात. परंतु सर्वांचें प्रसरणशीलत्व तपमानाप्रमाणें (Temperature) कमीजास्त असतें. कित्येक धातूंत हा धर्म फार कमी असतो व त्या ठिसूळ असतात. कित्येक धातु उष्ण करून एकाएकीं थंड केले म्हणजे त्यांचें प्रसरणशीलत्व जाऊन ते ठिसूळ होतात. सर्व धातूंत सोनें फार प्रसरणशील आहे. दीड गुंज सोन्याचा एक चौरसफूट पत्रा तयार करितां येतो.

**( ४ ) लवचिकपणाः**—ज्या धर्मामुळें तुटल्यावांचून अगर मोडल्यावांचून पदार्थ एकदम वांकवितां येतात त्या धर्मास लवचिकपणा असें म्हणतात. हा धर्म कित्येक पदार्थांत मुळींच नसतो. धातु व दुसरे खनिज पदार्थ यांच्या आंगीं हा धर्म विशेष नसतो. सोनें, शिसें वगैरे धातु थोडेसे लवचिक असतात. उष्णावस्थेंत पुष्कळांच्या ठायीं हा धर्म येतो. मुख्यत्वेंकरून उद्भिज्ज व प्राणिज पदार्थांत हा धर्म विशेष असतो. यांचे तंतु तुटल्यावांचून वांकवितां येतात. वेत, चिंचेचें लांकूड, रबर, कातडें, केश, लोंकर इत्यादि पदार्थ किती लवचिक असतात, तें तुम्हांस माहीत आहेच. खनिज पदार्थांत सुद्धां एक चमत्कारिक तंतुमय व लवचिक पदार्थ आहे त्यास 'अॅस्बेस्टॉस' म्हणतात. हा दिव्यावर धरल्यानें लाल मात्र होतो; परंतु जळत नाहीं. या धर्मामुळें वाफेच्या यंत्रावर अग्नि पेटविणाऱ्याकरितां याचे पायमोजे, हातमोजे वगैरे करूं लागले आहेत.

**( ५ ) घनताः**—घनता द्रव्याच्या अणूंची निकट रचना किंवा

एकवटपणा दाखविते. ज्या मानानें पदार्थांतील अणु एकमेकांशीं निकट असतील व विवक्षित अवकाशांत द्रव्यसमुच्चय जास्त किंवा कमी असेल, त्याप्रमाणें त्यापदार्थाची घनता कमीजास्त आहे, असें आपण म्हणतों. घनता अणूंच्या वजनावर व त्यांच्या सान्निध्यतेच्या मानावर अवलंबून असते. सारख्या आकाराचे निरनिराळ्या धातूंचे दोन तुकडे घेतले तर त्यांचें वजन सारखें भरत नाहीं म्हणून एक दुसऱ्यापेक्षां अधिक घन आहे असें आपण म्हणतो. एक विवक्षित पदार्थ (पाणी) एकधेय कल्पून त्याच्या आकारमानाच्या वजनाशीं दुसऱ्या पदार्थांच्या त्याच आकारमानाचें वजन तोलून पाहून घनता काढतात. त्यास त्याचें विशिष्टगुरुत्व असें म्हणतात.

या ठिकाणीं हेंही लक्षांत ठेविलें पाहिजे कीं, उष्णतेनें अणूंचें सान्निध्य बदलतें, म्हणजे यामुळें अणु एकमेकांपासून दूर जातात. म्हणून सारख्या आकारमानाचे एकाच धातूचे थंड व उष्ण तुकडे घेतले तर त्यांचीं वजनें भिन्न भरतील यावरून तपमान(Temperature वाढवावें तसतशीं पदार्थांची घनता कमी होते, म्हणून घनता ठरवितांना समान तपमानावरच पदार्थ घेतले पाहिजेत.

( ६ ) **काठिण्य**:—एका पदार्थावर दुसऱ्या पदार्थानें ओरखडा पडण्यास जो पहिल्याचा दुसऱ्यास प्रतिबंध होतो त्या प्रतिबंधास काठिण्य असें म्हणतात. हा धर्म परस्परावलंबी आहे. म्हणजे आपण एका पदार्थास दुसऱ्या पदार्थाच्या संबंधानें कठीण किंवा मृदु म्हणतों. ज्यावर दुसऱ्याकडून ओरखडा काढतां येत नाहीं, तो दुसऱ्यापेक्षां कठिणतर असें समजावें. परंतु हाच पदार्थ तिसऱ्याच्या संबंधानें पाहिला तर मृदु असतो. उदाहरणार्थ, कांच ही लांकडापेक्षां कठीण पण गारगोटीपेक्षां मृदु असते.

पाणी दिलेलें पोलाद फार कठीण असतें. त्यानें बहुतेक पदार्थ

घासले व कांपले जातात. तुम्ही पोलादाची कानस पाहिली असेलच. इनें कांचसुद्धां कापितां येते. हिरा हा सर्वांत कठीण आहे. तो सर्वांस ओरखडतो. परंतु दुसऱ्या कोणत्याही पदार्थास त्यावर ओरखडतां येत नाहीं.

पदार्थांत जें काठिण्य असतें तें त्याच्या घनतेमुळें असतें असें मात्र समजूं नये. पारा, सोनें व शिसें ह्यांची घनता मोठी आहे; तथापि ते फारच मृदु आहेत. हिऱ्याची घनता सोन्याच्या चतुर्थांश आहे; परंतु तो सर्वांत कठीण आहे.

(७) **ठिसूळपणाः**—ज्या धर्मामुळें पदार्थ सहज फुटतात त्यास ठिसूळपणा म्हणतात. साधारणपणें जे पदार्थ फार कठीण असतात तेच अत्यंत ठिसूळ असतात. कांच शुद्ध लोखंडास खरवडते, म्हणून ती लोखंडापेक्षां कठीण आहे; परंतु ती अत्यंत ठिसूळ आहे. यत्किंचित् धक्क्यानेंही ती फुटते. पोलादाचीं हत्यारें फार कठीण करावीं लागतात. पण तेणेंकरून तीं ठिसूळ होऊन केव्हां केव्हां मोडतात. सामान्यतः ज्या पदार्थावर तपमानाचा फेरफार एकदम केला जातो, त्याचा ठिसूळपणा विशेष असतो. कांचेचीं भांडीं तयार केल्याबरोबर एकदम थंड केलीं तर इतकीं ढिसूळ होतात कीं, वाळूच्या कणानें किंवा गारेनें त्याजवर थोडें जरी ओरखडलें तरी तीं लागलींच फुटतात. याकरितां कांचेचीं भांडीं व ओतींव मूर्ति यांचा ढिसूळपणा घालविण्याकरितां त्यांस पुनः पुन्हा तापवून अगदीं सावकाश रीतीनें थंड करितात.

## द्रव पदार्थांचे विशेष धर्म

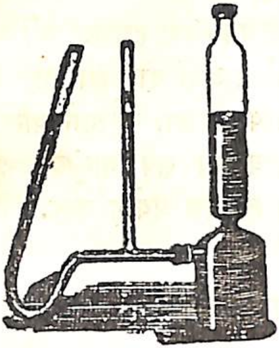
स्थाणु पदार्थाप्रमाणेंच द्रव पदार्थांस सुद्धां कांहीं विशेष धर्म असतात; त्यांत पाण्यास मुख्य कल्पून त्याच्याच धर्माविषयीं मुख्यत्वेंकरून विचार करूं. पाण्याचे जे धर्म तेच साधारणपणें इतर पातळ

पदार्थांचे धर्म असतात; ते येणेंप्रमाणें (१) दुःसंकोच्यत्व, (२) पृष्ठभागाची समपातळी, (३) सर्व भागावर सारखा दाब, (४) चिकटपणा, (५) आकर्षण धर्म.

(१) **दुःसंकोच्यत्व**:—पाणी व त्याचप्रमाणें दुसरे सर्व द्रव पदार्थ दुःसंकोच्य आहेत; त्यांवर अतिशय दाब ठेविला तरी ते संकोच पावत नाहींत; हें पाहण्याकरितां फ्लॉरेन्स शहरच्या विद्वानांनीं जो प्रयोग केला तो मागें सांगितलाच आहे. परंतु अलीकडील प्रयोगावरून असें अनुभवास आलें आहे कीं, पाण्यावर जर १५ पौंडाचा दाब ठेविला तर त्यानें पाण्याचें आकारमान $\frac{१}{२००००}$ नें कमी होतें. हा संकोच फारच थोडा असल्यानें पाणी वगैरे रसरूपी पदार्थ दुःसंकोच्य आहेत असें म्हणण्यास हरकत नाहीं.

(२) **पृष्ठभागाची समपातळी**:—स्थाणु पदार्थांमध्यें स्नेहाकर्षण अत्यंत असल्यामुळें, त्यांचे सर्व कण पृथ्वीकडे एकदम ओढले जातात. परंतु तितकें आकर्षण पाण्याच्या कणांमध्यें नसल्यामुळें पाण्याचा प्रत्येक कण निरनिराळा पृथ्वीकडे ओढिला जातो. पाण्याचे कण यत्किंचित् शक्तीनें सुद्धां पसरतात व म्हणून पृथ्वीच्या आकर्षणानें पाण्याच्या कणांचे थर तिच्या पृष्ठभागावर एकाच पातळींत जमले पाहिजेत. कोणत्याही कारणानें ही पातळी बिघडली, तर तें एकाच पातळींत येण्याचा प्रयत्न करितें. उदाहरणार्थ, ह्या पातेल्यांत पाणी आहे. त्याच्या बुडाशीं असणाऱ्या पाण्याच्या सर्व बिंदूंवर पृथ्वीचें आकर्षण सारखें घडतें आणि पाण्याच्या कणांत एकेच जागीं पुष्कळ कण चिकटून धरण्याजोगें स्नेहाकर्षण नाहीं; म्हणून ते सर्व एकाच पातळींत स्थिर राहिले पाहिजेत. जर भांड्यांतील पाणी हलवून त्याची सपाटी मोडली, तर तें गुरुत्वाकर्षणानें लागलीच मूळ सपाटीच्या स्थितींत येण्याचा यत्न करितें.

प्रयोग १४ वा.



आकृति ३४ वी.

एका नळीस वेडींवांकडीं भांडीं व नळ्या जोडलेलें कांचपात्र घ्या आणि त्यांतील कोणत्याही एका भांड्यांत पाणी ओता. सर्व भांडयांत पाणी एकाच पातळींत* असल्याचें तुम्हांस दिसेल. मोठ्या भांडयांत पाणी कमी उंचीवर व नळ्या बारीक म्हणून त्यांत जास्त उंचीवर न राहतां सर्वांत सारख्या उंचीवर राहिलें आहे ( आकृति ३४ पहा ).

द्रव (पातळ) पदार्थावरील दाब सर्व दिशांकडे सारखा लागूं होतो.

द्रव पदार्थावरील दाब सर्व दिशांनीं सारखा कसा लागूं होतो, यांची बरोबर कल्पना येण्यास त्याच्या अणुरचनेविषयीं ज्या कल्पना प्रचारांत आहेत त्यांबद्दल थोडीशी माहिती असणें जरूर आहे.

द्रवाच्या अणुरचनेविषयीं कल्पना--एखाद्या भांड्यांत जर वाळू भरली तर त्यास असलेल्या बाजूच्या भोंकांतून तिची धार लागून ती वाळू बाहेर पडत नाहीं. जोरानें भांडें हलविलें तरच मात्र थोडीशी बाहेर येते. भांडयांतील वाळू काढून त्या जागीं पाणी

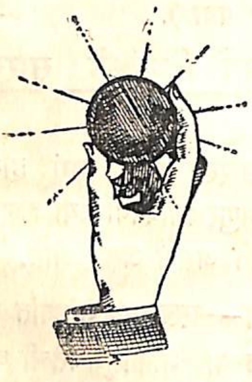
* टीप- परंतु निरनिराळ्या व्यासाच्या केशाकर्षक नळ्या एकाच खोलींपर्यंत पाण्यांत बुडविल्या तर त्यांत पाण्याची पातळी एकच रहात नाहीं. ती नळीच्या कमी आधिक व्यासाप्रमाणें अधिक कमी असते, ज्या धर्मामुळें या नळ्यांत पाण्याची पातळी एकच रहात नाहीं त्यास 'केशाकर्षण' असें म्हणतात.

भरल्यास, त्या छिद्रांतून पाणी बाहेर येऊं लागतें. तेव्हां पाण्यास कोणी तरी बाहेर लोटीत असलें पाहिजे.

कणांच्या या परस्पर प्रतिसारणामुळें एक कण हालला, कीं त्यानें सर्व कण हालले जाऊन भांड्याच्या सर्व बाजूंनीं दाबूं लागतात. जर भांड्यांतील ह्या वरच्या कणांवर दाब उत्पन्न केला, तर त्यानें पाण्याचे सर्व कण परस्पर प्रतिसारित होऊन पाण्याच्या सर्व बाजूंकडे दाब उत्पन्न होतो. हें पाहण्याकरितां आपण खालील प्रयोग करूं.

## प्रयोग १५ वा

**पाण्याचा सर्व दिशांकडे सारखा दाबः**—एक रबरी चेंडू घेऊन त्यांत पाणी भरा, व त्याच्या सर्व बाजूंस सुईनें भोंकें पाडा. त्यास वरून बोटानें दाबतांच सर्व भोंकांवाटे पाण्याच्या चिळकांड्या उडूं लागतील(आकृति ३५ पहा). बोटाचा दाब वास्तविक वरून खालच्या दिशेनें असल्या मुळें तळच्या भोंकांतून पाणी बाहेर जावें, परंतु चेंडूंतील पाण्यावर जो बोटाचा दाब पडतो तो चोहोंकडे पोहोंचत असल्या-मुळें सर्व भोंकांतून सारखें पाणी उडतें.



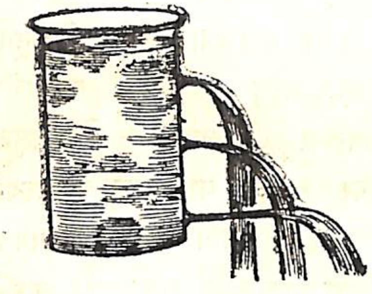
आकृति ३५ वी.

वरील प्रयोगावरून दोन गोष्टी तुम्हांस समजल्या. (१) पाण्याचा दाब भांड्याच्या बाजूंवर पडतो, म्हणून ज्या छिद्रांतून वाळू बाहेर पडत नाहीं, तसल्या बाजूच्या भोंकांतून पाणी बाहेर पडतें. (२) पाण्यावर कोठेंही एके ठिकाणीं दाबिलें, तर तो दाब पाण्याच्या सर्व बाजूंवर पडतो. पाणी वरून खालीं दाबतें व :खालून वरही दाबतें, तें कसें तें आतां आपण पाहूं.

ह्या पंचपात्रांत पाणी भरलें आहे. ह्यांत एकावर एक असे पाण्याचे थर आहेत. खालच्या थरांवर वरच्या सर्व थरांचा भार आहे. म्हणून ज्याप्रमाणें पाण्याचा थर पृष्ठभागाखालीं असेल त्याप्रमाणें त्यावर वरच्या थरांचा भार जास्त पडेल. आणि ज्या मानानें थर पृष्ठभागा-जवळ असेल त्या मानानें त्यावर दाब कमी असेल. वरून दाब जसा कमी अधिक असेल तसा पात्रांच्या बाजूवरही कमी अधिक पडेल.

## प्रयोग १६ वा

एक बुडाजवळ, एक मध्यें व एक तोंडाच्या थोडेंसें खालीं याप्रमाणें भोंकें पाडलेलें पंचपात्रे घ्या. व तीं भोंकें बुचांनीं प्रथम बंद करा. नंतर पंचपात्रांत पाणी ओता आणि एकदम तीनही बुचें काढून घ्या. तीनही भोंकां-तून पाणी कसें वाहतें तें पहा. अगदीं खालच्या भोंकांतून पाणी फार जोरानें बाहेर येऊं लागेल. मधल्या भोंकांतून त्याहूनकमी जोरानें व वरच्या भोंकांतून फारच कमी वेगानें पाणी बाहेर येऊं लागेल. असें कां व्हावें ?

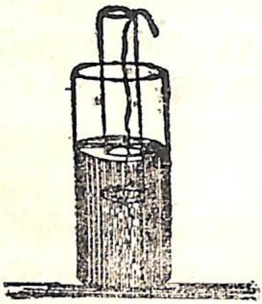


आकृति ३६ वी.

वरच्या भोंकाच्या वरच्या बाजूस पाण्याचे थर कमी, म्हणून तेथें पात्राच्या बाजूवर दाब कमी; मधल्या भोंकाच्या वरच्या बाजूस थरांची संख्या जास्त, म्हणून तेथें पात्राच्या बाजूवर दाब अधिक; तेथून येणाऱ्या पाण्याचा वेग अधिक; व अगदीं खालच्या भोंकाच्या वरच्या बाजूस थरांची संख्या सर्वांत अधिक म्हणून तेथून बाहेर पडणाऱ्या पाण्याचा वेगही अधिक असेल ( आकृति ३६ पहा ).

## प्रयोग १७ वा

**द्रवांत खालून वरच्या दिशेनें चालूंअसलेला दाबः**—एक रुंद तोंडाची वाटोळी नळी घेऊन तिच्या एका तोंडावर वाटोळी चकति ठेवा. तिला (चकतीला) दोरा बांधून आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें ती नळी पाण्यांत सोडा; मग तींत पाणी ओतण्यास प्रारंभ करा. पात्रांतील व नळींतील पाण्याची पातळी एक होईपर्यंत ती चकती नळीच्या तोंडाशीं चिकटून राहील. परंतु नळींतील पाण्याची पातळी थोडीशी वर चढल्याबरोबर ती नळीचें तोंडापासून सुटेल. कारण आतां चकतीवर खालून वर चालू असलेल्या दाबापेक्षां, वरून खालीं चालू होणारा दाब अधिक झाला. जोंपर्यंत नळींतील पाण्याची पातळी पात्रांतील पाण्याच्या पातळीपेक्षां खालीं होती तोंपर्यंत चकतीवर पाण्याचा खालून वर चालू असलेला दाब, वरून खालीं चालू असलेल्या दाबापेक्षां अधिक होता म्हणून ती जागची निसटली नाहीं. यावरून पाण्यांत किंवा इतर कोणत्याही द्रवां त्याचा खालून वरच्या दिशेनें चालू असलेला दाब वरून खालच्या दिशेनें चालूं असलेल्या दाबाबरोबर असतो (आकृति ३७ पहा).

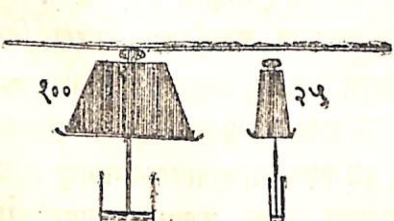


आकृति ३७ वी.

यावरून पाण्यांत किंवा इतर कोणत्याही द्रवांत त्याचा खालून वरच्या दिशेनें चालू असलेला दाब, वरून खालच्या दिशेनें चालूं असलेल्या दाबाबरोबर असतो.

**ब्रह्माचें दाब-यंत्र** ( Hydraulic Press )

द्रव पदार्थांवरील दाब सर्व दिशांनीं सारखा असतो व त्यामुळें त्यांच्या कोणत्याही एका पृष्ठभागावर दाब घातला म्हणजे तो तेवढ्याच आकारमानाच्या दुसऱ्या पृष्ठभागावर तितक्याच जोरानें कार्य करितो, हा महत्त्वाचा शोध **पास्कल** यानें लाविला. त्याचें सोपें उदाहरण आकृति ३८ मध्यें दाखविलें आहे. 'अ' आणि 'ब' हीं अनुक्रमें दोन व एक इंच रुंद तोंडाचीं पात्रें आडव्या नळीनें एकमेकांस जोडलीं आहेत. त्यांत पाणी घालून दोहोंवर सारख्या वजनाचे दट्टे बसविलेले आहेत. 'ब' दट्टया वर २५ पौंड वजन ठेविलें आहे. या भारानें 'अ' दट्टयावर रेटला जाऊं नये म्हणून, त्यावर त्याच प्रमाणांत वजनें ठेविलीं पाहिजेत. 'अ' दट्टयाचें क्षेत्रफळ 'ब'च्या क्षेत्रफळापेक्षां चौपटीनें मोठें आहे, म्हणून जर आपण त्यावर १०० पौंड वजन ठेविलें, तर दोन्ही दट्टे समतोल राहतील. जर २५ पौंड वजनानें 'ब' कांचपात्रांतील दट्टया खाली सारला गेला तर कांचपात्रें आणि जोडनळी यांच्या बाजूच्या आंतील 'ब' दट्टयाच्या पृष्ठभागाएवढा पृष्ठभाग तेवढ्याच जोरानें बाहेर दाबला जाईल ( आकृति ३८ पहा).

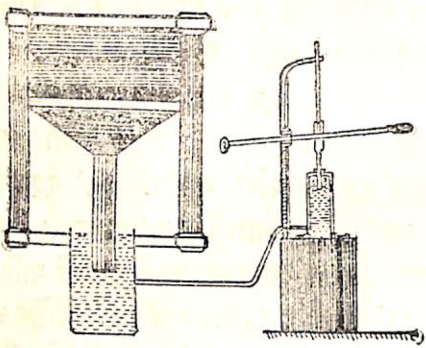


आकृति ३८ वी.

यावरून 'अ' दट्टयावर वरच्या दिशेनें कार्य करणारा दाब त्याच्या क्षेत्रफळाच्या प्रमाणांत असतो. कारण अ दट्टयावरील १०० पौंड दाब, 'ब'दट्टयावरील २५ पौंड दाबानें तोलला आहे. हें तत्त्व इतकें चम-

स्कारिक आहे कीं, यास **'जलस्थित विभ्रम'** ( Hydraustatic Paradox ) असें म्हणतात आणि याचा उपयोग ब्रह्माच्या दाव-यंत्रांत केला आहे.

आकृति ३९ वरून दाव-यंत्राची चांगली कल्पना येईल. 'अ' व 'ब' हीं दोन कांचपात्रें जोडनळीनें एकमेकांस जोडलीं आहेत. 'ब' या पात्रांतील द्रव्याच्या पृष्ठभागाचें क्षेत्रफळ जर एक आहे अशी कल्पना केली, तर अ या पात्रांतील



आकृति ३९ वी.

द्रव्याचें क्षेत्रफळ दहा आहे. म्हणून अ पात्रांतील द्रव्यावर ब पात्रांतील द्रव्यापेक्षां दहापट दाब अधिक होईल आणि तो वरच्या दिशेनें कार्य करूं लागेल. या यंत्राचा उपयोग कापसाचे किंवा लोंकरीचे गठ्ठे आंवळण्याकडे करितात (आकृति ३९ पहा).

**चिकटपणा** :—सर्व द्रव पदार्थांत प्रवाहीपणा सारखा दिसून येत नाहीं. म्हणून कांहीं पदार्थ जलद वाहतात, आणि कांहीं सावकाश वाहतात. थोड्या प्रमाणांत द्रव पदार्थांचे कण एकमेकांस चिकटलेले असतात; त्यामुळें द्रव पदार्थाचा एखादा भाग वाहूं लागला म्हणजे तो आपल्या शेजारच्या स्थिर कणास आपल्याबरोबर ओढण्याचा प्रयत्न करतो. जर द्रव पदार्थांत चिकटपणा नसता, तर प्रवाहीपणा पूर्ण दिसला असता. पाणी व दारू हे पदार्थ कमी

चिकट असल्यामुळें सर्व द्रवांत जास्त प्रवाही आहेत आणि डांबर अतिशय चिकट असल्यामुळें कमी प्रवाही आहे.

## वायुरूप पदार्थांचे विशेष धर्म

स्थाणु व द्रव पदार्थांत मुख्य भेद म्हटला म्हणजे द्रवपदार्थांत असलेला प्रवाहीपणा हा होय. वायुरूप पदार्थांत द्रवरूप पदार्थांपेक्षां हा प्रवाहीपणा पुष्कळ अधिक आहे. हवा व इतर दुसरे वायु त्यांच्या आंगीं इतर पदार्थांपेक्षां संकोच्यत्व व स्थितिस्थापकता हे धर्म फारच आहेत. वायूंत स्नेहाकर्षण फारच थोडें असतें व प्रतिसारण फार असतें. म्हणून वायूच्या कणांचा एकमेकांस एकमेकांपासून दूर लोटण्याचा क्रम सतत चाललेला असतो; त्यामुळें त्यांच्या आंगीं विशेष कारणांनीं संकोच पावणें व त्या कारणांच्या अभावीं आकारमानानें वाढणें हे धर्म स्वाभाविकच अधिक असतात. जसें पाण्यानें अर्धें भांडें भरतां येतें व बाकी रिकामें ठेवितां येतें, तसें हवेनें भरतां येत नाहीं. अर्ध्या भांड्यांतील हवा सर्व भांडेभर पसरून राहते.

---

### प्रश्न.

१ पदार्थ म्हणजे काय ? खालील गोष्टींस तुम्ही पदार्थ म्हणाल काय ? ( १ ) गायन, ( २ ) प्रकाश, ( ३ ) आकाश, ( ४ ) प्रतिबिंब, ( ५ ) वास.

२ पदार्थाचीं तीन रूपें कोणती ? प्रत्येक रूपांतील एकेक पदार्थ घेऊन त्याच्या लक्षणाचें वर्णन करा.

३ भांडें उपडें करून सरळ पाण्यांत बुडविल्यानें त्यांत पाणी कां येत नाहीं ? त्यांत पाणी भरावयाचें असल्यास तुम्ही तें कसें बुडवाल? व तसें करण्यास कारण काय ?

४ 'योग्य परिस्थितींत पदार्थ तिन्हीही रूपें धारण करूं शकतो'. वरील विधान तुम्ही प्रयोगानें कसें सिद्ध कराल ?

५ सर्व पदार्थ निर्भेद्य आहेत हे तुम्ही अगदीं साध्या प्रयोगानें कसें सिद्ध कराल ? व्यवहारांतील निदान दोन तरी उदाहरणें द्या.

६ 'साखरेच्या कांहीं कणांचे लक्षावधी भाग करा', असें सांगितल्यास तुम्ही ते कसें कराल व केलेत असें सिद्ध करून कसें दाखवाल ?

७ 'मनुष्य' किंवा कोणताही 'सजीव प्राणी' जड आहे काय ? नसल्यास कोणत्या अवस्थेंत त्यास जडत्व प्राप्त होतें ?

८ कोणत्या प्रयोगावरून प्रथम पदार्थ सच्छिद्र आहेत हें सिद्ध झालें ? शास्त्रज्ञांनीं तो प्रयोग काय सिद्ध करण्यासाठीं केला होता ?

९ पदार्थांचे सामान्य धर्म कोणते ? प्रत्येक धर्माचें नांव सांगून, तो पदार्थाच्या तिन्ही रूपास लागू आहे हें सिद्ध करा.

१० पदार्थ नाश पावत नाहींत, फक्त त्यांचें अवस्थांतर होतें हें तुम्ही कसें दाखवाल ?

११ मेण, लोणी, वगैरे पदार्थांचे ज्याप्रमाणें लचके तोडून घेतां येतात त्याप्रमाणें तांबें, लोखंड वगैरे पदार्थांचे कां घेतां येत नाहींत ? तसें ते केव्हां घेतां येतील ?

१२ द्रव पदार्थांचे विशेष धर्म कोणते ? त्याचा दाब सर्व बाजूंनीं सारखा असतो हें तुम्ही कोणत्या प्रयोगावरून दाखवाल ?

१३ 'जलस्थित विभ्रम' ( Hydraustatic Paradox ) म्हणजे काय ? हा ज्या यंत्रावर विशेष दिसून येतो त्याचें वर्णन करा.

## प्रकरण ४ थें.

### दार्ढ्य

व्यवहारांत बोलतांना तुम्ही कांहीं पदार्थांस हलके व दुसऱ्या कांहींस जड असें म्हणतां. उदाहरणार्थ, लोखंड कापसापेक्षां जड आहे असें म्हणतांना, तुम्ही ते पदार्थ सारख्याच आकारमानाचे आहेत अशी कल्पना गृहींत धरितां. अशी कल्पना गृहीत धरिल्याखेरीज मात्र तुमच्या म्हणण्यास कांहीं अर्थच येणार नाहीं, कारण तुम्हांस लोखंडाच्या तुकड्याच्या वजनाएवढा कापूस घेतां येईल; परंतु तेवढ्याच वजनाच्या कापसाच्या आकारमानापेक्षां लोखंडाचें आकारमान फार लहान असेल. यावरून तुम्हांस कळून येईल कीं, सारख्या वजनाच्या निरनिराळ्या पदार्थांचें आकारमान निरनिराळें असतें; किंवा उलट पक्षीं, सारख्या आकारमानाच्या स्थाणु पदार्थांचें वजन, निरनिराळें असतें.

द्रव किंवा वायुरूप पदार्थासंबंधींही हेंच म्हणतां येईल. दोन सारख्या आकाराच्या बाटल्यांमध्यें कांठोकांठ पारा आणि पाणी भरलें, आणि दोहोंचेंही तराजूवर वजन केलें, तर पाण्याच्या साडेतेरा पट पाऱ्याचें वजन भरेल. अर्थात् पाण्याच्या साडेतेरा पटीनें पारा घट्ट आहे.

यावरून कळून येईल कीं, सारख्या (एक घनसेंटिमीटर) आकारमानाचे निरनिराळे स्थाणु किंवा द्रव पदार्थ घेतले तर त्यांचें वजन वेगवेगळें असतें. सारख्याच आकारमानाचें लांकूड, शिसें, पितळ, लोखंड, व तांबें, इत्यादिकांचे तुकडे घ्या. त्याचें तराजूवर वजन केल्यास खालीं दिल्याप्रमाणें असल्याचें आढळून येईल.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| १ लांकूड | .... | ·५ ग्रॅम् | ४ लोखंड | .... | ७·५ ग्रॅम् |
| २ शिसें | .... | ११·४ ,, | ५ तांबें | .... | ९·५ ,, |
| ३ पितळ | .... | ८·५ ,, | | | |

व्यवहारांत सर्वच पदार्थ सारख्या आकारमानाचे मिळत नाहींत; वेडेवांकडे व लहानमोठ्या आकारमानाचेच बहुतेक सर्व पदार्थ आपणांस मिळतात. या सर्वांस एकधेय आकारमान देणें अत्यंत त्रासाचें काम आहे. म्हणून मिळेल तेवढ्या आकृतीचा पदार्थ घेऊन त्याचें मागें सांगितल्याप्रमाणें 'जलोत्सारण' पद्धतीनें आकारमान ठरवितात. आणि त्या पदार्थाचे वजन काढतात. व या प्रमाणावरून एकधेय आकारमानाचें वजन ठरवितात. म्हणून दाढर्च काढण्याकरितां सर्व पदार्थ एकधेय आकारमानाचेच मिळाले पाहिजेत असें नाहीं.

सारख्या आकारमानाच्या निरनिराळ्या पदार्थांच्या वजनांची तुलना करणें सोपें आहे, कारण मग तुम्हांस त्यांचें फक्त वजनच ध्यावें लागेल. ज्याचें वजन सर्वांत अधिक येतें, तो पदार्थ सर्वांत अधिक घन, म्हणजे त्याचे कण तेवढ्या आकारमानांत सर्वांत अधिक दाट रचलेले असतात; आणि ज्याचें वजन कमी, त्याचे कण तेवढ्या आकारमानांत विरल रचलेले असतात, म्हणून कोणत्याही पदार्थाच्या (मग तो स्थाणु, द्रव, किंवा वायुरूप असो) आकारमानाच्या एकधेयांत 'किती भार' (वजन) आहे हें सांगणें म्हणजेच त्या पदार्थाचें दाढर्च सांगणें होय. याप्रमाणें लोखंडाचें दाढर्च दर घनसेंटिमीटरास ७·५ ग्रॅम आहे, किंवा दर घनफुटास ४८० पौंड आहे. पाण्याचें दाढर्च दर घनसेंटिमीटरास एक ग्रॅम किंवा दर घनफुटास ६२·५ पौंड आहे. कोणत्याही पदार्थाचें दाढर्च सांगतांना संख्येचा अर्थ बरोबर समजण्याकरितां उपयोगांत आणिलेल्या आकारमानाचें व वजनाचें एकधेय सांगितलें पाहिजे. वरील

विवेचनावरून हें कळून येईल कीं, कोणत्याही पदार्थाचें आकार-मान व दार्ढ्य आपणांस समजलें म्हणजे त्याचें वजन सहज काढतां येईल.

$$\text{दार्ढ्य} = \frac{\text{वजन}}{\text{आकारमान}}$$

म्हणून दार्ढ्य × आकारमान = वजन.

उदाहरणार्थ, लोखंडाचें दार्ढ्य दर घनसेंटिमीटरास ७·५ ग्रॅम आहे; आणि दिलेल्या लोखंडाच्या तुकड्याचें आकारमान ७५ घनसेंटि-मीटर आहे, तर त्याचें वजन काय ?

$$\text{दार्ढ्य} = \frac{\text{वजन}}{\text{आकारमान}}$$

$$७.५ = \frac{\text{व}}{७५}$$

$$७·५ \times ७५ = \text{व}$$

लोखंडाचें वजन = ५६२·५ ग्रॅम.

## प्रयोग १७ वा

**दार्ढ्यमापन (स्थाणु पदार्थ)**:—निरनिराळ्या धातूंचे ठोकळे, रूळ, गोळे इत्यादि पदार्थ घेऊन, त्यांचें परिमाण मोजा. अनियमित आकृतीचा एखादा पदार्थ असल्यास त्याचें आकारमान ‘जलोत्सारण पद्धतीनें काढा. तुम्हीं घेतलेल्या नियमित पदार्थांचें आकारमान भूमितीच्या नियमान्वयें काढा, आणि तराजूवर प्रत्येकाचें वजन करा, नंतर खालीं दिल्याप्रमाणें पत्रक करा.

| पदार्थाची आकृति | द्रव्य जात | परिमाण लांबी, जाडी, व्यास, इत्यादि | आकारमान | वजन | दार्ढ्य (दर एक आकारमानांत किती भार). |
|---|---|---|---|---|---|
| ठोकळा | पितळ | लांबी × रुंदी × जाडी( सें. मी ) | घन सेंटिमीटर ? | ग्रॅम--? | |

## प्रयोग १८ वा

**दार्ढ्यमापन ( द्रवपदार्थ ):**—स्वच्छ आणि कोरड्या कांचपात्राचें वजन करा. एक लघुनलिका घेऊन ती द्रवानें ( रॉकेल ) धुवून काढा. नंतर तीवरील खुणेपर्यंत तींत तोच द्रव घेऊन तो वरील कांचपात्रांत ओता. आणि त्याचें फिरून वजन करा. याप्रमाणें त्या द्रवाचें वजन आणि आकारमान समजल्यावर त्याचें दार्ढ्य काढा.

कोणत्याही पदार्थाचें दार्ढ्य सांगतांना त्याचें वजन आणि आकारमान मोजतांना उपयोगांत आणिलेलीं एकधेयें सांगितलीं पाहिजेत. उदाहरणार्थ, एक घनसेंटिमीटर पाण्याचें वजन एक ग्रॅम आहे. म्हणून मेट्रिक पद्धतींत पाण्याचें दार्ढ्य एका घनसेंटिमीटरास एक ग्रॅम आहे, असें म्हणतात. परंतु एक घनफूट पाण्याचें वजन ६२·५ पौंड आहे. म्हणून ब्रिटिश पद्धतींत पाण्याचें दार्ढ्य एका घनफुटास ६२·५ पौंड आहे असें म्हणतात. याकरितां पाण्याचें दार्ढ्य १ किंवा ६२·५ असें म्हणून भागणार नाहीं; कारण ज्याप्रमाणें आपण एकधेय बदलूं त्याप्रमाणें हे आंकडे बदलतात.

**आर्किमेडीजची गोष्टः**—सुमारें अडीच हजार वर्षांपूर्वी युरोप खंडांतील सिसिली बेटांत सायऱ्याक्यूज गांवीं 'हायरो' नांवाचा राजा राज्य करीत होता. एके दिवशीं, ज्युपिटर नांवाच्या देवास सोन्याचा किरीट अर्पण करावा असें त्याच्या मनांत आलें; म्हणून

त्यानें त्याकरितां १९ औंस सोनें एका कसबी सोनाराच्या हवालीं केलें. कांहीं दिवसांनीं सोनारानें उत्कृष्ट किरीट करून राजापाशीं आणिला. त्याची एकंदर घडणावळ पाहून राजा फार संतुष्ट झाला. परंतु किरीटाची आकृति वगैरे पाहिल्यावर सोनारानें लबाडीनें त्यांत हीण धातु घातली असावी असा त्यास संशय आला. म्हणून त्यानें तो वजन करून पाहिला तों तो बरोबरच १९ औंसच भरला. कसास लावावें तर घडणावळ बिघडेल, म्हणून त्या मार्गानेंही त्याची परीक्षा पाहतां येईना. त्या वेळीं अर्किमेडीज या नांवाचा फार मोठा विद्वान राजाच्या पदरीं होता. त्यास बोलावून आणून राजानें विचारलें कीं, किरीट न बिघडवितां सोनारानें लबाडी केली आहे किंवा नाहीं, हें कसें पहावें ? त्या वेळीं त्यास कांहीं उत्तर सुचलें नाहीं. त्यावर तो पुष्कळ दिवस विचार करीत होता. पाण्यांत हात हवेंतल्यापेक्षां सहज उचलितां येतो, तसेंच पाण्यानें भरलेलें भांडें पाण्यांत हलकें लागतें वगैरे विचार त्याच्या मनांत आले; परंतु आपलें किंवा राजाचें समाधान करण्याजोगें त्यास त्यांवरून कांहीं सुचलें नाहीं. पुढें एके दिवशीं कांठोकांठ पाण्यानें भरलेल्या पिपांत स्नान करण्यास उडी घालतांच, कांठावरून पाणी बाहेर जातांना त्यानें पाहिलें. तेव्हां त्याच्या मनांत राजाच्या प्रश्नाचें उत्तर एकदम आलें; त्यामुळें त्या प्रसंगीं पिपांत शिरतांच त्यास इतका हर्ष झाला कीं, त्याचें देहभान गेलें, आणि तो पिपांतून बाहेर आला, आणि सांपडलें! सांपडलें! असें ओरडतच भर रस्त्यांतून तसाच राजाकडे गेला!!

इतका आनंदानें वेडा होण्यास त्याला काय सुचलें तें पाहूं. जर हा ढुंडा पैसा व हा रुपया असे हातांत घेतले, तर रुपया कांहींसा जड लागतो. बरें, हा सोन्याचा सॉव्हरीन आणि ही अधेली असे

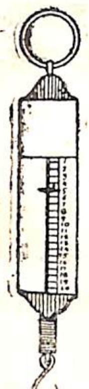
दोन्ही हातांत घेतले, तर तो अधेलीच्या जवळजवळ दुप्पट जड लागतो. तेव्हां एक औंस सोन्याहून एक औंस वजनाचें रुपें, अधिक आकामानाचें असेल. अर्थात् एक औंस सोनें व एक औंस रुपें कांठोकांठ भरलेल्या भांड्यांत टाकिल्यास रुप्यामुळें सोन्याच्या जवळजवळ दुप्पट पाणी बाहेर पडेल; कारण तितक्याच ( एक औंस ) वजनाच्या रुप्याचें आकारमान सोन्याच्या आकारमानाहून जवळजवळ दुप्पट मोठें असतें. बरें, सोनें व रुपें यांचा मिश्र असा एक औंस वजनाचा गोळा घेतला, आणि पाण्यांत घातला तर एक औंस सोन्याच्या गोळ्याहून अधिक पाणी बाहेर पडेल. हीच गोष्ट त्या वेळीं त्याच्या लक्ष्यांत आली, म्हणून त्यास आनंद झाला. त्यानें किरीटाच्या वजनाएवढ्या वजनाचा सोन्याचा गोळा आणिला, व तेवढ्याच वजनाचा रुप्याचा गोळा आणिला; आणि पाण्यानें भरलेल्या उभट पंचपात्रांत प्रथम रुप्याचा गोळा घालून पाणी किती चढलें तें पाहून त्यानें त्या जागीं खूण केली. नंतर तो काढून सोन्याचा गोळा घातला तेव्हां पाणी कमी चढलें; तेथें त्यानें खूण केली; शेवटीं पंचपात्रांत किरीट घालून पाणी किती चढलें तें त्यानें पाहिलें, तें सोन्याच्या व रुप्याच्या जवळजवळ मध्यापर्यंत चढलें. जर शुद्ध सोन्याचा किरीट असता, तर सोन्याचा गोळ्याइतकेंच पाणी चढलें असतें; परंतु जास्त चढलें. तेव्हां सोन्यांत दुसरी हीण धातु घालून किरीटाचें आकारमान वाढविलें आहे, अशी त्यानें सोनाराच्या लबाडीविषयीं समाधानपूर्वक राजाची खात्री केली.

### पाण्याचा उत्साहधर्म ( Upthrust ).

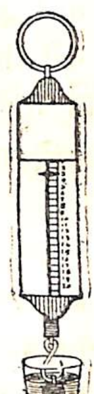
पुष्कळांना माहीत आहेच कीं, नदींत किंवा विहिरींत कोणताही आधार न घेतां आपण पाण्याच्या पृष्ठभागाखालीं राहिलों, तर आपल्या खालील पाणी आपणांस वर लोटीत असतें. म्हणून कोणत्याही

प्रकारची हालचाल न करितां, आपण पाण्याच्या पृष्ठभागावर येतों. एखादा लांकडाचा तुकडा जर पाण्याच्या तळाशीं नेला, आणि तेथें सोडून दिला, तर तो पाण्याच्या उत्साहधर्मामुळें, पृष्ठभागाशीं येतांना स्पष्ट दिसेल. मनुष्यापेक्षां किंवा लोखंडाच्या तुकड्यापेक्षां, लांकडावर पाण्याच्या उत्साहधर्माचें कार्य अधिक झालेलें दिसतें. खरें पाहिलें असतां, हे पाण्याचें उत्साहधर्माचें कार्य सर्व पदार्थांवर सारखेंच घडत असतें. आपणांस तें निरनिराळें दिसतें याचें कारण त्या त्या पदार्थांकडून उलट दिशेनें होणारें निरनिराळें कार्य हें होय. जेव्हां हें पाण्याच्या उत्साहधर्मापेक्षां अधिक असतें तेव्हां पदार्थ पाण्यांत बुडतात आणि जेव्हां कमी असतें तेव्हां ते तरंगतात.

## प्रयोग १९ वा



**पदार्थांचें वजन पाण्यांत कमी भरतें**—ताणकांट्यावर एखाद्या धातूच्या तुकड्याचें वजन करा. तुम्हांस त्याचें वजन कांट्यावरून कळून येईल. नंतर तो तुकडा आंकड्यावर लोंबत असतांनाच पाण्यांत बुडवा ( आकृति ४० पहा ). आतां त्याचें वजन किती आहे तें पहा. तें पूर्वींपेक्षां कमी झाल्याचें तुम्हांस आढळून येईल. यावरून पदार्थांच्या हवेंतील वजनापेक्षां पाण्यांतील वजन कमी भरतें.



आ० ४० वी.

आ० ४० वी

याप्रमाणें दिलेल्या पदार्थांचीं निरनिराळ्या अवस्थेंत घेतलेलीं वजनें खालीलप्रमाणें पत्रकांत भरा.

| हवेंतील वजन | त्याचें पाण्यांतील वजन | कमी झालेलें वजन | बाहेर हुसकले-ल्या पाण्याचें आकारमान | बाहेर हुस-कलेल्या पाण्याचें वजन |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

आतां पात्रांत चढलेल्या पाण्याच्या आकारमानावरून त्या पदार्थाचें आकारमान ठरवा. याप्रमाणें आणखी दोन तीन निरनिराळे पदार्थ घेऊन, त्याचें पाण्यांत कमी झालेलें वजन व त्यानें बाहेर हुसकलेल्या पाण्याचें वजन काय येतें तें पहा—

तुम्हांस असें दिसून येईल कीं, पदार्थाचें पाण्यांत कमी झालेलें वजन त्यानें बाजूस सारलेल्या पाण्याच्या वजनाबरोबर असतें. ह्या नियमासच **'अर्किमेडीजचा सिद्धांत'** असें म्हणतात.

या सिद्धांतावरून वेड्यावांकड्या पदार्थाचें आकारमान काढण्याची नवी रीत आपणांस मिळाली. समजा कांचेच्या, बुचाचीं वरीलप्रमाणें वजनें घेतलीं:—

कांचेच्या बुचाचें हवेंतील वजन .... .... १५ ग्रॅम.
" " पाण्यांतील वजन .... ९ ग्रॅम.
म्हणून त्याचें पाण्यांत कमी झालेलें वजन .... ६ ग्रॅम.

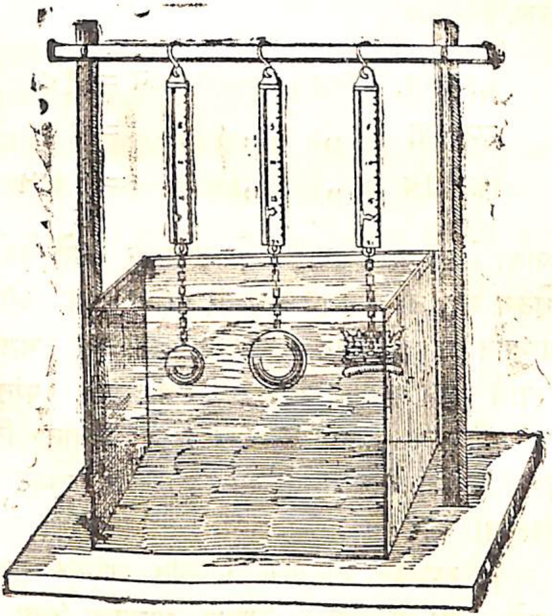
हे ६ ग्रॅम वरील सिद्धांताप्रमाणें बुचानें बाजूस सारलेल्या पाण्याचें वजन होय.

म्हणून बुचानें बाजूस सारलेल्या पाण्याचें आकारमान ६ घ.सें.मी.
∴ बुचाचें आकारमान .... .... ६ "

यावरून तुम्हांस कांचेच्या बुचाचें दादर्च कळून येईल.

$$\text{दादर्च} = \frac{१५}{६} = २\cdot५$$

आतां तुम्हांस जलोत्सारण पद्धतीपेक्षां या पद्धतीनें पदार्थाचें आकारमान ठरविण्यांत फायदे कोणते ते कळून येईल. एक घनसेंटिमीटरमध्यें अदमासें तीस थेंब असतात, म्हणून जलोत्सारण पद्धतीनें बाहेर लोटलेलें पाणी मोजण्यांत जर एका थेंबाची चूक झाली तर ·०३ घनसेंटिमीटर एवढी चूक येते. या पद्धतीनें पदार्थाचें पाण्यांत कमी होणारें वजन ५ मिलिग्रॅमपर्यंत बरोबर काढितां येतें म्हणून त्याचें आकारमान ·००५ घनसेंटिमीटरपर्यंत बरोबर मोजतां येतें. तेव्हां 'आकारमान' मोजण्यांत चूक राहिलीच तर ·००५ घनसेंटिमीटरपेक्षां मोठी राहणार नाहीं.



आकृति ४१ वी.

आतां आपण पुन्हा आर्किमेडीजच्या गोष्टीकडे वळूं. सोन्याचा

गोळा, रुप्याचा गोळा व किरीट ताणकांट्यास अडकवून पाण्यांत सोडले आहेत ( आकृति ४१ पहा ). आतां प्रथम हें लक्षांत ठेवा कीं, शुद्ध सोन्याचा गोळा, शुद्ध रुप्याचा गोळा, आणि तो किरीट तिन्ही हवेंत वजन केले असतां प्रत्येकीं १९ औंस भरतात. म्हणून, ताणकांट्यावरील कांटा १९ हा आंकडा दाखवील. परंतु आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें ते पाण्यांत बुडविले असतां, त्यांचें वजन तितकेंच भरणार नाहीं. कारण त्या प्रत्येकाभोंवतालचें पाणी, त्याच्या आकारमानाइतक्या पाण्याच्या वजनानें, त्यास वर उचलून धरील. अर्थात् तितक्याच पाण्याच्या आकारमानाच्या वजनाएवढें त्यांचें वजन कमी भरेल.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| सोन्याच्या | गोळ्याचें | पाण्यांत | वजन | = १८ |
| रुप्याच्या | ,, | ,, | ,, | = १७ |
| किरीटाचे | ,, | ,, | ,, | = १७·५ |

सोन्याचा गोळा बुडविल्यानें जेवढें पाणी वर चढलें तेवढें निराळें काढून घेऊन जर, त्याचें वजन केलें तर बरोबर एक औंस भरेल. म्हणून पाण्यांत तो गोळा एक औंसाच्या वजनानें वर उचलला गेला, त्यामुळें त्याचें वजन पाण्यांत आठरा औंसच भरलें. परंतु रुप्याचें वजन जरी तेवढेंच आहे, तरी त्याचें आकारमान तितक्याच वजनाच्या सोन्याच्या आकारमानापेक्षां जवळजवळ दुप्पट असल्यामुळें, तितक्या आकारमानाच्या पाण्याचें वजन सुमारें दोन औंस भरेल. म्हणून रुप्याच्या गोळ्याचें पाण्यांत अदमासें सतरा औंस वजन भरलें. जर तो किरीट निव्वळ सोन्याचा किंवा निव्वळ रुप्याचा असता, तर त्याचें वजन शुद्ध सोन्याच्या किंवा शुद्ध रुप्याच्या प्रमाणांत कमी झालें असतें. म्हणजे त्याचें वजन पाण्यांत

१७ किंवा १८ औंस भरलें असतें. पण त्याचें पाण्यांत १७·५ औंस वजन भरलें, अर्थात् त्यांत सोन्यारुप्याचें मिश्रण असलें पाहिजे.

**विशिष्टगुरुत्व** ( सापेक्षदार्ढ्य )

ब्रिटिश पद्धतींत एक घनफूट पाण्याचें वजन ६५·५ पौंड आहे; म्हणून पाण्याचें दार्ढ्य दर घनफुटास ६२·५ पौंड आहे. या पद्धतीनें दुसऱ्या कांहीं जड पदार्थांचें दाढर्य खालीं दिलें आहे.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| प्लॅटिनम् एका घनफूटाचें वजन | | | .... | १३७९·३ पौंड. |
| सोनें | .... | .... | .... | ११८१·५ ,, |
| पारा | .... | .... | .... | ८६० ,, |
| शिसें | .... | .... | .... | ७०६·२ ,, |

हे मोठमोठे आंकडे गैरसोईचे असल्यामुळें पाण्याच्या दाढर्यास प्रमाणभूत कल्पून बाकीच्या सर्व पदार्थांचें दाढर्य त्यावरून ठरविण्यांत आलें. यासच सापेक्षदाढर्य (विशिष्टगुरुत्व) असें म्हणतात. म्हणजे पाण्याचें दाढर्य एक समजल्यास

$$\text{प्लॅटिनमचें दाढर्य} = \frac{१३७९·३}{६२·५}$$

$$\text{सोन्याचें दाढर्य} = \frac{११८१·५}{६२·५}$$

$$\text{पाऱ्याचें दाढर्य} = \frac{८६०}{६२·५}$$

$$\text{शिशाचें दाढर्य} = \frac{७०६·२}{६२·५} \text{ ११·३ येईल.}$$

पदार्थाचें विशिष्टगुरुत्व काढण्यास पाणी प्रमाणभूत कल्पिलें आहे, त्या जागीं दुसरा कोणताही पदार्थ घेतला असता तरी चालतें. परंतु पाणी

सर्व ठिकाणीं सहज मिळतें व सहज शुद्ध करितां येतें; म्हणून पाणीच घेतात. वायुरूपी पदार्थ फारच हलके असतात. पाण्याच्या ८०० पट हवा हलकी आहे, म्हणून घनसेंटिमीटर हवेचें वजन $\frac{१}{८००}$ ग्रॅम होतें. म्हणून वायुरूप पदार्थांचें विशिष्टगुरुत्व दाखविणाऱ्या संख्या फारच लहान अपूर्णांक येतात; व तेणेंकरून घोटाळा होतो. म्हणून वायुरूप पदार्थांचें विशिष्टगुरुत्व मापण्यास हवा प्रमाणभूत धरतात.

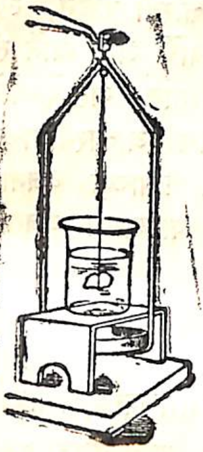
पण मेट्रिक पद्धत सुरू झाल्यापासून ह्या पद्धतींत पाण्याच्या एक घनसेंटिमीटर आकारमानाचें वजन एक ग्रॅम असल्यानें दाढर्च व सापेक्ष दाढर्च (विशिष्टगुरुत्व) यांचे आंकडे एकच येऊं लागले. विशिष्टगुरुत्वावरून पदार्थाच्या कोणत्याही वजनाचा बोध होत नाहीं. त्याजपासून केवळ कोणताही पदार्थ तितक्याच आकारमानाच्या पाण्याहून किती पटीनें जड किंवा हलका आहे, एवढा मात्र बोध होतो. म्हणून सोन्याचें विशिष्टगुरुत्व १९, मेणाचें ·९ लोखंडाचें ७·५ असें म्हटलें म्हणजे त्याचा अर्थ इतकाच समजावयाचा कीं, तेवढ्याच आकारमानाच्या पाण्याच्या वजनाच्या १९ पट सोनें जड आहे; किंवा सोन्याचें १९ पट वजन आहे. त्याचप्रमाणें लोखंडाचें ७·५ पट आहे आणि मेणाचें ·९ पट आहे.

विशिष्टगुरुत्व म्हणजे काय, तें तुम्हांला समजलें. आतां निरनिराळ्या स्थाणु व द्रव पदार्थांचें विशिष्टगुरुत्व कसें काढतात, तें आपण पाहूं.

## प्रयोग २० वा

**स्थाणु पदार्थाचें विशिष्टगुरुत्व काढणें:**—एखाद्या पितळेचा किंवा इतर कोणत्याही धातूचा तुकडा घ्या. अतिशय बारीक दोरीनें तराजूच्या पारड्यांतील आंकड्यापासून तो लोंबत ठेवा व दुसऱ्या पारड्यांत वजनें टाका. याप्रमाणें त्याचें वजन काढल्यावर, पारड्यावर अधांत्री तिवई ठेवा ( आकृति ४१ पाहा ). त्यावर

पाण्यानें भरलेलें कांचपात्र ठेवून, त्यांत तो तुकडा अधांत्री राहील असा सोडा. फिरून दुसऱ्यापारड्यांत वजनें टाकून त्याचें पाण्यांत असतांनाच वजन काढा. प्रथम काढिलेल्या त्याच्या हवेंतील वजनांतून हें पाण्यांत असतांना काढलेलें वजन वजा करा. यावरून तुम्हांस त्याचें पाण्यांत कमी झालेलें वजन कळून येईल. हें पाण्यांत कमी झालेलें वजन त्या पदार्थाच्या आकार-मानाएवढ्या पाण्याच्या वजनाबरोबर असतें. विशिष्टगुरुत्व म्हणजे पदार्थाचें वजन व तेवढ्याच आकाराच्या पाण्याचें वजन यांचें गुणोत्तर होय.



आकृति ४१ वी.

आनां हवेंतील वजन 'व' या अक्षरानें दाखविलें, पाण्यांतील वजन '$व_1$' या अक्षरानें दाखविलें; तर खालील सारणीनें विशिष्टगुरुत्व काढतां येईल.

$$\text{विशिष्टगुरुत्व} = \frac{\text{व}}{\text{व}-\text{व}_1}$$

$\text{व}-\text{व}_1$

## द्रवरूप पदार्थाचें विशिष्टगुरुत्व

कोणत्याही द्रवाचें विशिष्टगुरुत्व काढतांना पूर्वींप्रमाणेंच त्याचें वजन आणि तितक्याच आकारमानाच्या पाण्याचें वजन काढावें लागतें. हें ठरविण्याच्या पुष्कळ पद्धति आहेत. त्यांपैकीं येथें फक्त एकीचाच विचार करावयाचा आहे.

प्रथम एका बाटलीचें तराजूवर वजन करितात. नंतर ती



पाण्यानें तंतोतंत भरून फिरून वजन करितात. इतकें झाल्यावर ती फिरून कोरडी करून, ज्या द्रवाचें विशिष्टगुरुत्व काढावयाचें आहे त्यानें ती तंतोतंत भरून तिचें वजन करितात. असें केल्यानें त्या द्रवाचें आणि तितक्याच आकारमानाच्या पाण्याचें वजन कळून येतें. द्रवाच्या वजनास तितक्याच आकारमानाच्या पाण्याच्या वजनानें भागून विशिष्टगुरुत्व काढतात.

आकृति ४२ बी.

## प्रयोग २१ वा

**मद्यार्काचें विशिष्टगुरुत्व काढणें:**—प्रथम तराजूवर एका पात्राचें वजन करा; त्यांत तंतोतंत पाणी भरून फिरून त्याचें वजन करा. नंतर तें रिकामें करून आंतून कोरडें करा. नंतर मद्यार्कानें भरून त्याचें पुन्हा वजन करा. नंतर खालील नियमानें त्याचें विशिष्ट-गुरुत्व काढा.

$$\text{विशिष्टगुरुत्व} = \frac{\text{मद्यार्काचें वजन}}{\text{तितक्याच आकारमानाचें पाण्याचें वजन}}$$

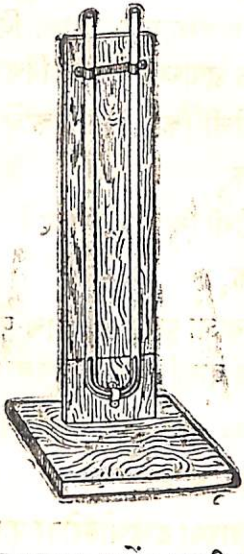
आपण अशी कल्पना करूं कीं, पाण्याचें वजन १०० ग्रॅम भरलें, आणि मद्यार्काचें वजन ८० ग्रॅम भरलें, म्हणून मद्यार्काचें विशिष्टगुरुत्व $\frac{८०}{१००}$ = .८ इतकें आहे.

पुष्कळ द्रवांचें विशिष्टगुरुत्व एकापेक्षां मोठें आहे. उदाहरणार्थ, दुधाचें विशिष्टगुरुत्व १.०३ आहे किंवा पाऱ्याचें १३.६ आहे. म्हणजे पाण्याच्या ज्या आकारमानाचें वजन १०० ग्रॅम असतें,

तितक्याच आकारमानाच्या दुधाचें किंवा पाऱ्याचें वजन अनुक्रमें १०३ व १३६० ग्रॅम असतें.

वरील प्रयोगांतील पाण्याचें वजन करण्याचा व तें पात्र कोरडें करण्याचा त्रास चुकविण्यासाठीं विवक्षित (५०,१०० दर घन-सें. मी.) आकारामानाचीं पात्रें उपयोगांत आणतात. हीं पात्रें पाण्यानें भरल्यास पाण्याचें वजन (५०,१०० द. ग्रॅम येतें). अशा पात्रांस विशिष्टगुरुत्व पात्र म्हणतात.

## (२) द्रवाच्या तोलत्या स्तंभावरून विशिष्टगुरुत्व काढणें



आकृति ४३ वी.

'यू' नलिका आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें लाविली, व तिच्या दोन्ही भुजांत पाणी घातलें तर एका भुजेंतील पाण्याचा स्तंभ तितक्याच उंचीच्या दुसऱ्या भुजेंतील पाण्याच्या स्तंभास तोलून धरतो. दोन्ही भुजेंतील पाण्याच्या स्तंभाची उंची एकच असल्यामुळें स्तंभाचा व्यास निराळा असला तरी ते स्तंभ परस्परांस तोलून धरतात; कारण त्यांचा दाब सारखा असतो. यावरून त्यांचें दार्ढ्य एकच असलें पाहिजे, हें तुम्हांस कळून येईलच (आकृति ४३ पहा).

परंतु एका भुजेंत पाणी व दुसऱ्या भुजेंत मद्यार्क घालून दोहों भुजांतील पाऱ्यांची पातळी सारखी केली, तर पाण्याच्या स्तंभाच्या उंचीपेक्षां मद्यार्काच्या स्तंभाची उंची अधिक भरेल. हे स्तंभ




आकृति ४४ वी

परस्परांस तोलून धरतात, म्हणून त्यांचा दाबही सारखाच असला पाहिजे. मग यांपैकीं अधिक घट्ट द्रव कोणता ? अर्थात् पाणी; नलिकेंतील या दोन द्रवांचें विशिष्ट-गुरुत्व त्याच्या स्तंभाच्या लांबीच्या उलट प्रमाणांत असतें ( आकृति ४४ पहा ).

ब आणि ड या ठिकाणीं पाऱ्याच्या पृष्ठभागावर हवेच्या दाबाखेरीज अनुक्रमें मद्यार्क व पाणी यांच्या स्तंभांचा दाब आहे. हा हवेचा दाब दोन्ही पृष्ठभागांवर सारखाच असल्यामुळें त्याचा विचार न करितां फक्त द्रवाच्या दाबाचा विचार करूं.

मद्यार्काच्या स्तंभाचा दाब = उंची ($क_1$) × मद्यार्काचें दाढर्य

= $क_1$ × दा

पाण्याच्या स्तंभाचा दाब = उंची ($क_2$) × पाण्याचें दाढर्य

= $क_2$ × $दा_2$

आतां ब आणि ड या ठिकाणचा पाऱ्याचा पृष्ठभाग एकाच पातळींत आल्यामुळें, त्यावरच्या द्रवाच्या स्तंभाचा दाबही एकच असला पाहिजे.

म्हणून, मद्यार्काच्या स्तंभाचा दाब = पाण्याच्या स्तंभाचा दाब-

$क_1$ × $दा_1$ = $क_2$ × $दा_2$

आतां विशिष्ट गुरुत्व म्हणजे त्या द्रवाच्या दाढर्याबरोबर पाण्याच्या दाढर्याची तुलना, हें तुमच्या ध्यानांत असेलच.

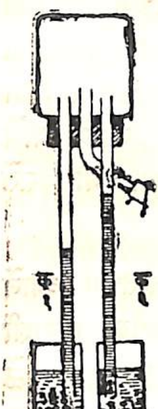
नलिकेंतील या दोन द्रवाचें विशिष्टगुरुत्व त्यांच्या स्तंभांच्या लांबीच्या उलट प्रमाणांत असते. म्हणून—

पण $\frac{दा_1}{दा_2} = \frac{क_2}{क_1}$ = म्हणून

म्हणून $\frac{दा_1}{दा_2}$ म्हणजेच त्या मद्यार्काचें विशिष्टगुरुत्व होय.

## विशिष्टगुरुत्व मोजण्याचें 'हेअर'चें उपकरण

जे द्रव एकमेकांत मिसळतात, त्यांचें विशिष्टगुरुत्व वरील यू नलिकेंत थोडासा फेरफार करून काढतां येते. ही युक्ति 'हेअर' नांवाच्या मनुष्यानें शोधून काढिली, म्हणून या उपकरणास 'हेअर'चें उपकरण असें म्हणतात ( आ० ४५ पहा ). दोन कांचेच्या नळ्या दुसऱ्या एका 'तिफाटी नळीस' आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें जोडलेल्या असतात. या जोडनळीचीं दोन टोंकें निरनिराळ्या द्रवांत बुडविलेलीं असतात. तिसऱ्या टोंकास वाताकर्षक पंपाची नळी जोडून नलिकेच्या दोहों भुजांतील हवा शोषून घेतात. हवा शोषून घेतल्यानें नलिकेंत द्रव निरनिराळ्या उंचीपर्यंत चढलेले दिसतात. जो द्रव विरल असतो तो अधिक उंचीपर्यंत चढलेला दिसतो. आतां निरनिराळ्या उंचीपर्यंत द्रव चढण्याचीं कारणें काय, तीं आपण पाहूं. नलिकेंतील द्रवाच्या पृष्ठभागावर कांचपात्रांतील द्रवावरील हवेच्या दाबापेक्षां कमी दाब आहे. याचा आंतील आणि बाहेरील दाबाच्या फरकामुळें, द्रव विशिष्ट उंचीपर्यंत आंत शिरतात व द्रवाच्या कमीअधिक विरलतेप्रमाणें ते नलिकेंत कमीअधिक उंचीपर्यंत चढतात. यू नलिकेप्रमाणें या ठिकाणींही द्रवाचें विशिष्ट-



आकृति ४५ वी.

गुरुत्व त्याच्या उंचीच्या उलट प्रमाणांत असतें. एका कांचपात्रांत पाणी व दुसऱ्या कांचपात्रांत विशिष्टगुरुत्व मोजण्याचा द्रव ( दूध ) घेतात. जर $क_1$ ही दुधाच्या स्तंभाची उंची, आणि $क^2$ पाण्याच्या स्तंभाची उंची, तर दुधाचें विशिष्ट गुरुत्व= $\frac{क_2}{क_1}$.

## तरंगणारे पदार्थ

आतां आपण पाहिलें आहेच कीं, पाण्यांत किंवा इतर द्रवांत बुडणारे पदार्थ आपल्या आकारमानाएवढें पाणी किंवा इतर द्रव बाहेर हुसकतात. व त्यांचें वजन बाजूस सारलेल्या पाण्याच्या वजनाइतकें कमी होतें. ज्या पदार्थाचें वजन तितक्याच आकारमानाच्या पाण्याच्या वजनाहून अधिक असतें ते पाण्यांत बुडतात, आणि ज्याचें वजन तितक्याच आकारमानाच्या पाण्याच्या वजनापेक्षां कमी असतें ते पाण्यांत तरंगतात.

मोठमोठीं जहाजें पाण्यावर तरंगतात, परंतु तीं ज्या धातच्या पत्र्यानें मढविलेलीं असतात, त्या धातु पाण्यांत टाकल्याबरोबर तळाशीं जातात. याचें कारण असें आहे कीं, जहाज पोकळ असल्यामुळें जहाज व त्यावरील सामान याचें वजन जहाजाच्या आकारमानाच्या पाण्याच्या वजनापेक्षां, पुष्कळ कमी असतें आणि जहाज फुटल्यावर पाणी आंत येऊन जेव्हां हें वजन वाढूं लागतें तेव्हांच जहाज समुद्रांत बुडूं लागतें.

जे पदार्थ पाण्यावर तरंगतात, त्यांचा कांहीं भाग पाण्यांतव कांहीं वर असतो. आणि बुडालेला भाग आपल्यास जागा करण्याकरितां तथील पाणी बाहेर हुसकीत असतो. म्हणून तरंगत्या पदार्थाच्या बाबतींत पाण्याचा उत्साहधर्म, त्यांत बुडालेल्या भागाच्या आकारमानाइतक्या पाण्याच्या वजनाबरोबर असतो.

## तरंगत्या पदार्थाचें त्याच्या पाण्यांत बुडालेल्या भागाशीं प्रमाण

ज्या वेळीं एखादा पदार्थ तरंगत असतो, तेव्हां त्याचा कांहीं भाग पाण्यांत बुडालेला असतो व कांहीं पाण्यावर तरंगत असतो, त्याचें पाण्यांत बुडणाऱ्या भागाचें प्रमाण त्याच्या दार्ढ्यावर अवलंबून असतें. तरंगत्या पदार्थाचा पाण्यांत बुडालेला भाग जें पाणी बाहेर लोटतो, त्याचें वजन त्या पदार्थाच्या वजनाबरोबर असतें. म्हणून सारख्या आकाराच्या दोन निरनिराळ्या लांकडाच्या काठ्या पाण्यांत बुडविल्या, तर दोहोंपैकीं जड काठी पाण्यांत जास्त बुडते. म्हणून सारख्या आकृतीच्या हालक्या लांकडापेक्षां जड लांकडानें बाहेर हुसकलेलें पाणी, अधिक आकारमानाचें, अर्थात् अधिक वजनाचें असतें.

वरील नियमानें पदार्थ पाण्यांत किती तरंगत राहील अगर बुडेल हें सहज कळून येतें. ज्या द्रवांत तो पदार्थ बुडविला तो पाण्यापेक्षां पातळ असेल, तर त्या पदार्थाच्या बुडालेल्या भागाच्या वजनाइतकें त्या द्रवाचें वजन होण्यास तो पाण्यांत बुडतो त्यापेक्षां जास्त खोलीपर्यंत त्या द्रवांत बुडला पाहिजे. उलट पक्षीं, पाण्याप्रमाणें तो द्रव घट्ट असेल तर तो पदार्थ त्यांत फार खोलीपर्यंत बुडणार नाहीं; कारण तरंगत्या पदार्थाच्या बरोबर त्याचें ( पाऱ्याचें ) वजन होण्यास त्याचें पूर्वीच्या द्रवाइतकें आकारमान लागणार नाहीं.

## तरकांटा ( Hydrometer )

याच तत्त्वावर निरनिराळ्या द्रवांचें विशिष्टगुरुत्व काढण्याकरितां, 'तरकांटे' तयार केले आहेत. या कांट्यानें पाहिजे तो द्रव पाण्याहून अमुक पट जड आहे किंवा हलका आहे, हें समजतें. तो खालीं सांगितल्याप्रमाणें तयार करितां येतो. अदमासें



पंधरा सेंटिमीटर लांब व दोन सेंटिमिटर व्यासाची कांचेची नळी ध्या. तिचा एक शेवट घट्ट बुच बसवून बंद करा. बुचाचा वर राहिलेला भाग कानसानें कापून जलाभेद्य करा. नलिकेच्या आंतील बाजूस कागदाची मोजपट्टी अशारीतीनें लावा कीं, तिच्या शेवटच्या टोंकापासून अंतर मोजतां येईल. ठराविक उंचीपर्यंत तो सरळ उभा पाण्यांत बुडेल इतक्या शिशाच्या गोळ्या त्यांत भरा. त्या तेथून हलूं नयेत

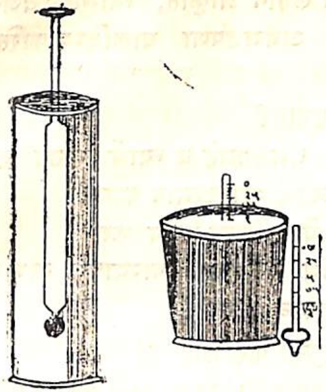
आकृति ४६ वी.

म्हणून त्यावर बुचाचा तुकडा बसवा मग खालच्याप्रमाणें वरचें टोंकसुद्धां जलाभेद्य करून बंद करा. नंतर तो पाण्यांत तरंगत ठेवा. जेथपर्यंत तो पाण्यांत बुडाला असेल तेथपर्यंत त्याची उंची व व्यास मोजा. नंतर तो कोरडा करून त्याचें वजन करा. आतां तुम्हांस तरकांट्याचें आकारमान काढतां येईल. यावरून तुम्हांस कळून येईल कीं, बाहेर लोटलेल्या पाण्याचें वजन तरकांट्याच्या वजनाबरोबर असतें( आकृति ४६ पहा).

तरकांटा कोणत्याही द्रवांत ठेविला असतां आपल्या वजनाइतका द्रव बाहेर लोटीपर्यंत त्यांत बुडतो. म्हणून वर सांगितल्याप्रमाणें पातळ द्रवांत तो जास्त खोलीपर्यंत बुडेल आणि घट्ट द्रवांत कमी खोलीपर्यंत बुडेल.

**दूधकांटा** (Lactometer)

वर सांगितलेल्या साध्या तरकांट्याप्रमाणेंच हा तयार केलेला असतो. फक्त आपण बुचें बसवून तयार केलेल्या भागाऐवजीं, कांचेची नळी फुंकून फुगा बनवितात व तो द्रवांत सरळ उभा रहावा म्हणून, त्या फुग्यांत पारा भरतात. मग हा शुद्ध पाण्यांत जेथपर्यंत बुडतो, तेथें खूण करून ( पोकळ दांड्याच्या आंतून चिकटविलेल्या



आकृति ४७ बी.

कागदावर ) शून्य मांडतात. नंतर एक भाग दूध व तीन भाग पाणी ह्यांच्या मिश्रणांत जेथपर्यंत बुडतो तेथें, ·२५ मांडतात. दोन भाग दूध व दोन भाग पाणी ह्या मिश्रणांत जितका बुडतो तेथें ·५ मांडतात. याप्रमाणें शुद्ध दुधांत जितका बुडतो तेथें एक मांडतात. अर्थात् ज्या मिश्रणांत हा कांटा, ·७५ या अंकापर्यंत बुडेल, त्यांत तीन भाग दूध व एक भाग पाणी आहे असें समजून येईल ( आकृति ४७ पहा). परंतु शुद्ध दुधांत सुद्धां घट्ट व पातळ हे प्रकार स्वाभाविक असतात. उदाहरणार्थ, गाईचें दूध म्हशीच्या दुधापेक्षां पातळ असतें. म्हणून या कांट्याच्या परीक्षेवर सर्वांशीं भंरवसा ठेवितां येत नाहीं.

---

## प्रश्न.

१ दार्ढ्य म्हणजे काय ?

जेव्हां आपण लोखंड कापसापेक्षां जड किंवा सोन्यापेक्षां हलकें असें म्हणतों, तें कोणती कल्पना गृहीत धरून ?

२ तुम्हांस उसाचा रस काढण्याचा लोखंडी चरक दिला व सांगितलें कीं, या लोखंडाचें दार्ढ्य काढा किंवा पोलादी सुई अगर टांचणी देऊन तसेंच सांगितलें, तर तुम्ही सुरुवात कशी कराल ? [ चरक्याची फार

मोठी आकृति व टांचणीची अतिशय लहान आकृति, त्यामुळें वजन व आकारमान ठरविण्यांत होणारा अवजडपणा घालविण्याकरितां तुम्ही काय कराल ? ]

३ स्थाणु पदार्थांचें दार्ढ्य कसें काढतात ?

लोखंडाच्या तुकडयाचें वजन ५०० ग्रॅम आहे व त्याचें दार्ढ्य दर घनसेंटिमीटरास ७·५ ग्रॅम आहे, तर त्याचें आकारमान काय ?

४ रॅकेलचें दार्ढ्य कसें काढाल याचें सविस्तर वर्णन करा.

यू नलिकेंत १०० इंच द्रवाचा स्तंभ ११० इंच पाण्याच्या स्तंभास तोलून धरतो तर त्या द्रवाचें विशिष्टगुरुत्व काय ?

५ एखाद्या पितळी घनाचें दार्ढ्य तुम्ही कसें काढाल ?

एका पितळी रुळाचें दार्ढ्य दर घनसेंटिमीटरास ८·८ ग्रॅम आहे. त्याचा व्यास चार सेंटिमीटर आहे, आणि उंची १२·५ सेंटिमीटर आहे, तर त्याचें वजन काय ?

६ आर्किमेडीजची गोष्ट सांगून, त्यानें कोणतें तत्त्व शोधून काढिलें त्याचें स्पष्टीकरण करा.

७ 'उत्साह धर्म' म्हणजे काय ? यामुळें पाण्यांत पदार्थावर कोणतें कार्य घडतें ?

८ विशिष्टगुरुत्व म्हणजे काय ? स्थाणु व द्रव पदार्थांचें विशिष्ट-गुरुत्व कसें काढाल ? लोखंडाचा तुकडा पाण्यांत बुडतो व त्याचीच केलेली वाटी पाण्यावर तरंगते याचा खुलासा तुम्ही कसा कराल ?

९ द्रवपदार्थांचें विशिष्टगुरुत्व मोजण्याचें हेअरचें उपकरण कोणत्या तत्त्वावर तयार केलें आहे ? त्याचें थोडक्यांत वर्णन करा.

१० खालीं दिल्याप्रमाणें मेट्रिक पद्धतींत निरनिराळ्या पदार्थांचें दार्ढ्य आहे.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| १ सोनें | दर घ० सें० | १९·२२ ग्रॅम | पारा | दर घ० सें० | १३·५ ग्रॅम. |
| २ चांदी | ,, | १०·४ ,, | दूध | ,, | १·०२ ,, |
| ३ पितळ | ,, | ८·३८ ,, | रक्त | ,, | १·०६ ,, |
| ४ हस्तीदंत | ,, | १·९७ ,, | टरपेन्टाईन | ,, | ·८७ ,, |

५ हिरा ,, ३·५३ ,,
६ पाणी ,, १ ,,

यांपैकीं हस्तिदंत, हिरा व पाणी हें प्रत्येकीं प्रमाणभूत धरून बाकीचे सर्व पदार्थ त्यापेक्षां किती पटीनें जड किंवा हलके आहेत तें सांगा.

११· तरकांटा ज्या तत्त्वावर तयार केला त्याचें थोडक्यांत विवरण करून तो प्रयोगशाळेंत कसा तयार करावा हें सांगा.

१२ दूधकांट्याबद्दल थोडक्यांत माहिती सांगा. त्याचा व्यवहारांत फारसा उपयोग कां होत नाहीं?

१३ दार्ढ्य व विशिष्टगुरुत्व यांत फरक काय?

खालील माहितीवरून तुम्ही क्लोरोफॉर्मचें वि. गुरुत्व कसें काढाल?

१ विशिष्टगुरुत्वपात्राचें वजन .... ... २०·१८ ग्रॅम.
२ पाण्यानें भरलेल्या वि. गु. पात्राचें वजन ... ७०·३१ ,,
३ क्लोरोफॉर्मनें भरलेल्या ,, ,, ... ९५·३३ ,,

१४ चार लिटर सल्फ्यूरिक ॲसिड घेणें आहे, तर त्याचा १०० ग्रॅमांस एक रुपयाप्रमाणें काय किंमत पडेल? (सल्फ्यू. ॲसिडचें वि. गु. १·८४१.)

१५ एक हजार ग्रॅम वजनाचा मध विकत घेतला, तो ठेवण्यास बरणी घेण्याची आहे, बरण्या १० सेंटिमीटर व्यासाच्या मिळतात, तर त्यापैकीं किती उंचीची बरणी घ्यावी म्हणजे त्यांत बरोबर मध राहूं शकेल?

## प्रकरण ५ वें.

वातावरण

द्रवरूप पदार्थांच्या धर्मांचें विवरण करीत असतां, पाणी हा पदार्थ सर्व द्रवांचा निदर्शक घेतला होता. आतां वायूंच्या धर्माचें विशेष विवरण करण्याकरितां, हावा हीच वायुरूप पदार्थांचा निदर्शक म्हणून घेऊं. हवा सर्वत्र सुलभपणें उपलब्ध असल्याकारणानें, वायूंचे सर्व धर्म प्रयासावांचून तिजमध्यें सहज दाखवितां व पहातां येतात. शिवाय हवेच्या धर्मांचें विशेष ज्ञान होणें, शास्त्रांत व व्यवहारांत फारच आवश्यक आहे. ह्या कारणाकरितांही हवाच सर्व वायूंची निदर्शक घेणें योग्य आहे.

पृथ्वीस सर्व बाजूंनीं हवेनें वेष्टिलें आहे. ती दृग्गोचर नाहीं; तरी तिचें आवरण आपल्या सर्व बाजूंस आहे. ह्याच **आवरणास** शास्त्रज्ञांनीं **वातावरण** अशी संज्ञा दिली आहे. हवा गतिमान झाली म्हणजे आपण वारा वाहूं लागला असं म्हणतों आणि त्यामुळें झाडें हलूं लागतात, पवनचक्या फिरूं लागतात, किंवा समुद्रावर लहान लहान तारवांना प्रवास करण्यास मदत होते. कित्येक प्रसंगीं तिचा जोर इतका मोठा असतो कीं, मोठमोठीं झाडें मुळासकट उपटलीं जातात, समुद्रांत प्रचंड लाटा उठतात आणि मोठमोठ्या इमारती जमिनदोस्त होतात. परंतु आपण एखाद्या खोलींत बसलों, असतां तेथें हवा गतिमान नसल्यामुळें तिचें अस्तित्व सामान्यतः आपणास कळून येत नाहीं; तरीसुद्धां हात हालवून किंवा पंख्यानें तिला गति दिल्यास आपणास तेथें हवा असल्याचें दाखवितां येतें.

प्रयोग २२ वा—हवेचें अस्तित्व.

एका कांचपात्रास दोन भोकें असलेलें बूच बसवा. एका भोंकांत



आकृति ४८ वी.

नसराळें व दुसऱ्या भोंकांत वांकविलेली नळी बसवा (आकृति:४८ पहा). नळीचें तोंड बोटानें दाबून धरून, नसराळ्यांत पाणी घाला. जोंपर्यंत तुमचें बोट नळीच्या तोंडावर आहे तोंपर्यंत पाणी पात्रांत पडणार नाहीं; कारण एका जागीं दोन पदार्थ राहूं शकत नाहींत. तुम्हीं आपलें नळीच्या तोंडावरील बोट काढून घ्या. नळीवाटें हवा बाहेर जाऊं लागल्यामुळें, पाणी पात्रांत पडूं लागेल. नळीच्या तोंडाशीं जळती काडी धरल्यानें हवेचें अस्तित्व कळून येईल.

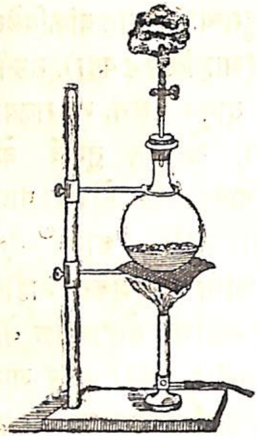
आपण ज्यास सामान्यतः रिकामें भांडें असें म्हणतों, त्यांत हवा असते. जर तें भांडें पाण्यांत एकदम पालथें केलें, तर त्यांत पाण्याचा शिरकाव होत नाहीं; कारण त्याचें तोंड पाण्याखालीं असल्यामुळें हवेस बाहेर जाण्याचा मार्गच नसतो. म्हणून तें जेव्हां एका बाजूस कलतें करावें तेव्हां त्यांतील हवा हळुहळू बाहेर जाऊं लागते. (आकृति ४९ पहा).



आकृति ४९ वी.

प्रयोग २३ वा—हवेस वजन आहे.

आकृतीमध्यें दाखविल्याप्रमाणें कांचपात्रांत पाणी घेऊन त्यास जलाभेद्य रबराचें बुच बसवा. त्यांतून एक नलिका आंत सोडा. या



नलिकेच्या वरच्या शेवटास एक रबराची नळी जोडा. म्हणजे वाटेल तेव्हां तिचें तोंड बंद करितां येईल. प्रथम तिचें सूक्ष्म तराजूवर वजन करा. वरील कांचपात्रांत थोडेंसें पाणी घेऊन तापविण्यास सुरुवात करा. कांहीं मिनिटें पाणी उकळविल्यावर चिमट्यानें नळीचें तोंड बंद करा आणि कांचपात्र थंड होण्याकरितां एकीकडे ठेवा. तें थंड झाल्यावर त्याचें फिरून वजन करा.

आकृति ५० बी.

ह्या प्रयोगांत पाणी उकळविल्यानें त्याची वाफ झाली व तिनें हवेस बाहेर हुसकून लाविलें; आणि नंतर रबरी नळीचें तोंड बंद केल्यावर, आंतली वाफ आंतच कोंडली गेली व बाहेरील हवाही आंत येण्याची बंद झाली (आ० ५०पहा). पात्र थंड केल्यानें आंतील वाफेचें पाणी झालें आणि पात्रांतील पाण्याच्या पृष्ठभागावरील भाग बहुतेक अंशीं निर्वात झाला; म्हणून त्याचें ( पात्राचें ) वजन कमी झालें. पहिल्या व दुसऱ्या वजनांत जें अंतर तुम्हांस दिसून येईल, तेंच हवेचें वजन होय. नंतर चिमटा काढून घेऊन नळीचें तोंड मोकळें करा. आतां हवा पात्रांत शिरतांना होत असलेला आवाज तुम्हांस स्पष्ट ऐकूं येईल. यावरून हवेस वजन आहे हें सिद्ध झालें; एक घनफूट पाण्याचें वजन ६२·५ पौंड आहे, परंतु तितक्याच व्यापाच्या हवेचें वजन एक औंस सुद्धां नसतें. यावरून तितक्याच व्यापाच्या हवेपेक्षां पाणी जवळ जवळ आठशेंपट जड आहे.

## वातावरणाचा दाब

हवेचें वेष्टण सर्व पृथ्वीभोंवतीं आहे. यास वाताचें ( वायु किंवा हवा ) आवरण (वेष्टण) असें म्हणतात. त्याचा दाब पृथ्वीवर व तीवरील सर्व पदर्थांवर आहे. हा दाब कसा आहे, कितीसा आहे, व आपणास कां भासत नाहीं याचा विचार करून, नंतर तो मापावा कसा तें पाहूं.

## प्रयोग २४ वा

पाण्यानें कांठोकांठ भरलेला कांचेचा पेला घ्या. त्याच्या तोंडावर एक जाड कागदाचा तुकडा बसवा आणि तो पेला झटकन् उपडा करा. आणि जर पेल्यांत हवा गेली नसेल तर पाणी सांडणार नाहीं (आकृति ५१ पहा). वरच्या दिशेनें चालू असलेला हवेचा दाब पेल्यांतील पाण्याच्या दाबापेक्षां मोठा असतो.



आकृति ५१ वी.

## प्रयोग २५ वा

पिचकारीचें खालचें तोंड पाण्यानें भरलेल्या भांड्यांत बुडवा व दट्ट्या वर ओढा. त्याबरोबर पाणी आंत येईल. पाण्याच्या पृष्ठभागावरील हवेच्या दाबामुळेंच पाणी पिचकारींत आलें; कारण हवेच्या दाबामुळें दडपून गेलेलें पाणी मोकळी जागा सांपडतांच तेथें शिरलें.

## प्रयोग २६ वा

आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें लघुनलिका पाण्यानें भरा. तिचें



आकृति ५२ वी.

वरचें तोंड आंगठ्यानें घट्ट दाबून धरून ती पाण्याबाहेर काढा. खालचें तोंड मोकळें असूनही पाणी बाहेर पडत नाहीं (आ० ५२ पहा). थोडेंच पाणी बाहेर काढावयाचें असेल तर अंमळ आंगठा वर काढतांच पाणी खालीं पडूं लागतें; कारण आंगठा वर काढतांच हवा पाण्यास वरून दाबते.

## प्रयोग २७ वा



आकृति ५३ वी.

एक मऊ कातड्याचा तुकडा पाण्यांत भिजवून स्लेटपाटीवर दाबून ठेवा. त्याच्या वरच्या पृष्ठभागावरील हवेच्या दाबामुळें तो तेथून काढून टाकण्यास थोडासा तरी जोर लावावा लागेल (आकृति ५३ पहा).

हवेचा दाब खालून वर किंवा वरून खालीं असतो; इतकेंच नव्हे, तर तो सर्व बाजूंस सारखा जातो. जर हवेचा दाब फक्त वरून खालच्या दिशेनें कार्य करीत असता, तर फक्त पाटी पालथी केल्यानें किंवा बाजूस फिरविल्यानें तो कातड्याचा तुकडा सहज दूर करतां आला असता; शिवाय कोणत्याही एकाच दिशेनें दाब कार्य करीत असता, तर आपण त्याखालीं खास चिरडून गेलों असतों.

## हवेचें वजन आपणांस कां भासत नाहीं?

जरी आपल्या शरीरावर हवेचा दाब पुष्कळ आहे, तरी तो आपणांस बिलकुल भासत नाहीं, याचें कारण काय असावें? नेहमीं

आपलीं फुप्फुसें हवेनें भरलेलीं असतात. आणि घसा व तोंड या द्वारानें, बाहेरलि हवेशीं तिचा नेहमीं संयोग होतो. याचा परिणाम असा होतो कीं, बाहेरील हवेवर विरुद्ध दिशेनें कार्य होतें, आणि म्हणूनच कोणत्याही प्रकारचा भार आपणांस भासत नाहीं.

वैदूलोकांजवळ रक्त काढण्याची तुंबडी असते, तिची आकृति शंकूसारखी असते. तिचे वरचे तोंडास एक बारीक भोंक असतें. ही तुंबडी मनुष्याच्या पोटावर ठेऊन आणि वरचे तोंडास आपलें तोंड लावून तुंबडींतील वारा भोंकावाटें ओढून घेतात.

तुंबडीपासून तोंड काढिलें म्हणजे भोंकावाटें वारा आंत जाईल, म्हणून पूर्वींच त्या टोंकाभोंवतीं ओल्या चोळलेल्या पानाचा तुकडा गुंडाळतात.

तुंबडींतील हवा बाहेर ओढून घेण्यास हा तुकडा हरकत करीत नाहीं. परंतु त्यापासून आपलें तोंड सुटलें म्हणजे पोटावरच्या व छातींतून पोहोंचणाऱ्या वायूच्या दाबानें भोंवतालचें रक्त तुंबडीखालीं लोटलें जाऊन तिच्या खालची पोटाची कातडी वर उचलली जाते.

तुंबडी लाविलेली नसते तेव्हां रक्तावर आंतून व बाहेरून दाब सारखाच असतो. म्हणून आपली कातडी वर उचलली जात नाहीं आणि याच कारणास्तव आपल्या शरीरावर असलेल्या हवेच्या प्रचंड दाबाचें आपणांस ज्ञान होत नाहीं.

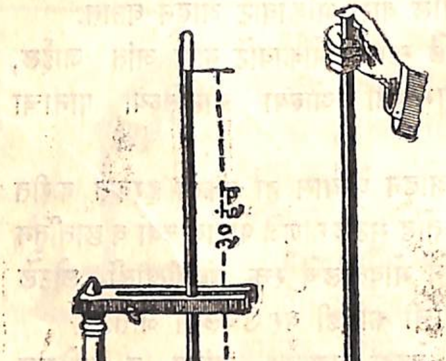
## वातावरणाच्या दाबाचें एकधेय

पांच पौंड वजनाचा गोळा आपल्या तळहातावर घेतला, तर त्याचा भार आपणांस जाणवतो; तथापि तो भार आपणांस झेंपतो. परंतु तोच गोळा जर आपण आपल्या बोटावर घेऊं लागलों, तर तें वांकतें; कारण त्यास त्याचा भार झेपत नाहीं. या ठिकाणीं भार घालणारा पदार्थ तोच कायम आहे; परंतु ज्यावर भार पडला

त्याचें क्षेत्र कमी झालें. क्षेत्र मोठें असलें म्हणजे तेवढ्यावर तो सारखा विभागला जातो, म्हणून कमी जाणवतो. तेंच क्षेत्र कमी असलें म्हणजे, अधिक जाणवूं लागतो. वातावरणाच्या भाराचेंही असेंच आहे. म्हणून त्याचा भार सांगतांना जागेचें क्षेत्रही सांगावें लागतें. वातावरणाचा दाब (भार) दर चौरस इंचावर १५ पौंड आहे.

**प्रयोग २८ वा**—वायुभारमापक.

अदमासें ३६ इंच लांबीची जाड व एका बाजूनें बंद असलेली कांचेची नळी घ्या. ही नळी स्वच्छ व कोरडी असावी. ती पाऱ्यानें अशा रीतीनें भरा कीं, तींत हवेचा एकही बुड-बुडा राहणार नाहीं. नंतर तिच्या तोंडावर आंगठा ठेवून, तें तोंड खालीं करून पाऱ्यानें भरलेल्या पात्रांत तिला उभी करा. असें करितांना आंग-ठ्यानें तिचें तोंड घट्ट दाबून धरिलें पाहिजे; नाहीं तर कदाचित् त्यांत हवा शिरेल. नळीचें तोंड




आकृति ५४ वी.

पाऱ्याच्या पृष्ठभागाखालीं आहे अशी खात्री झाल्यावर तिच्या तोंडावरील आंगठा काढून घ्या आणि ती लंबरेषेंत उभी करा. असें केलें असतां नळींतील सर्व पारा खालीं न उतरतां एका विवक्षित उंचीपर्यंत स्थिर

राहतो. भांड्यांतील पाऱ्याच्या पृष्ठभागापासून नळींतील पाऱ्याची (आकृति ५४ पहा) उंची मोजा. ती उंची तीस ( ७६ सें. मी.) इंच भरेल.

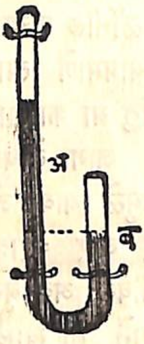
## विवक्षित उंचीपर्यंतच पारा स्थिर कां राहतो ?

वरील प्रयोगांत आपण पाहिलें आहेच कीं, नळींतील पारा प्रथम खालीं उतरूं लागतो आणि एका विवक्षित स्थळीं स्थिर राहतो. असें कां होतें ? तो आणखी खालीं कां उतरत नाहीं ? वरच्या बाजूस जी रिकामी जागा दिसते तींत काय असतें ? थोडासा विचार केल्यावर तुम्हांसच या प्रश्नांचीं उत्तरें सुचतील. नळींतील पाऱ्यानें आपल्या भारानें खालीं जावें हें खरें आहे आणि त्याप्रमाणें त्यानें पहिल्याप्रथम खालीं उतरण्यास आरंभ केलाही. परंतु या कारणानें नळींतून जो नवा पारा पात्रांत खालीं आला, त्यास जागा देण्याकरितां पात्रांतील पाऱ्यास वर चढावें लागलें; व त्यामुळें त्यावर जो बाहेरच्या वातावरणाचा दाब होता त्याच्याविरुद्ध जोर करावा लागला. हा जोर नळींतील पाऱ्याच्या स्तंभाच्या उंचीवर अवलंबून आहे. तो जितका अधिक उंच असेल तितक्या जोरानें तो खालीं अधिक भार घालून पात्रांतील पाऱ्यास वर उचलील. तर मग नळींतील पाऱ्याचा दाब पात्रांतील पाऱ्यावरील वातावरणाच्या दाबापेक्षा अधिक होता तोंपर्यंत नळींतील पाऱ्यानें पात्रांत खालीं येऊन पात्रांतील पाऱ्यास वातावरणाच्या दाबाविरुद्ध वर चढविलें. परंतु जेव्हां नळींतील पाऱ्याचा दाब वातावरणाच्या दाबाशीं समतोल झाला, तेव्हां नळींतील पारा खालीं येण्याचा बंद झाला. नळींतील पाऱ्यावर जी पोकळी राहते तींत कांहीं नसतें.

कांहीं कारणानें वातावरणाचा दाब अधिक झाला, तर तो पात्रां-

तील पाऱ्यास दाबून नळींतील पाऱ्यास अधिक उंचीवर चढवितो आणि कमी झाला तर नळींतील पारा खालीं उतरून पात्रांतील पाऱ्यास वर चढवितो. याप्रमाणें नळींतील पारा हवेचा दाब (भार) दाखवितो, म्हणून यास वायुभारमापक असें म्हणतात. इताली देशांत राहाणाऱ्या टॉरिसेली नांवाच्या गृहस्थानें या यंत्राची योजना पहिल्यानें उदयास आणिली म्हणून त्याच्या सन्मानार्थ नळींतील पाऱ्यावरच्या रिकाम्या जागेस **टॉरिसेलीचा निर्वात प्रदेश** असें म्हणतात.

**प्रयोग २९ वा**—दुसऱ्या प्रकारचा वायुभारमापक.




आकृति ५५.

३२ इंच कांचेची नळी घ्या. व तिला रबरी नळीनें दुसरी ६ इंच लांबीची नळी उघड्या तोंडास जोडा. नंतर तिचें बंद असलेलें तोंड खालीं करून, तिच्यांत ब नळींत पोहोंचेपर्यंत पारा भरा. पारा भरतांना सर्व हवा निघून जाईल अशी मात्र खबरदारी घ्या. मग आकृतींत दाखविल्याप्रमाणें, (आकृति ५५ पहा) स्टँडवर ती नळी बसवा. अ नळींतील पाऱ्याची उंची हवेचा दाब दाखवील.

वरील प्रयोगांत उपयोगांत आणिलेली नळी 'यू' नलिकेच्या आकृतीचीच आहे. नलिकेंत पारा इतक्या उंचीपर्यंत चढण्यास कांहीं तरी कारण असलें पाहिजे. नाहींतर अ आणि ब नळींतील पारा एकाच पातळींत असावयास पाहिजे होता. 'अ' नळीच्या बंद असलेल्या वरील टोंकास भोंक पाडल्यास हें घडून येईल. याचें कारण मग 'अ' व 'ब' नळींतील पाऱ्याच्या पृष्ठभागावरील हवेचा दाब सारखाच होईल. पण अ नळींत हवा नसल्यामुळें ब नळींतील

पाऱ्याच्या पृष्ठभागवारील हवेच्या दाबामुळें अ नळींतील पारा इतक्या उंचीपर्यंत चढला म्हणून या पाऱ्याच्या स्तंभाचें वजन आणि त्याच क्षेत्रफळाचा पृष्ठभाग असलेल्या हवेच्या स्तंभाचें वजन सारखेंच असेल.

पाऱ्याच्या स्तंभावरील हवा काढून टाकणें जरूर आहे. कारण जेव्हां आपण ही नलिका आकृतीमध्यें दाखविल्याप्रमाणें उपडी करूं, तेव्हां ही शिल्लक राहिलेली हवा, अ नलिकेंतील निर्वात जागेंत जाईल; आणि त्यामुळें पाऱ्याच्या स्तंभाची उंची बरोबर तीस इंच न होतां, कांहीं तरी कमी भरेल, मग वातावरणाचा दाब मोजल्या-सारखे न होतां, तो आणि मोकळ्या जागेंत कोंडिल्या गेलेल्या हवेचा दाब यांमधील अंतर मोजल्यासारखे होईल. म्हणून चांगल्या पद्धतीनें तयार केलेल्या वायुभारमापकांत पाऱ्याच्या वरच्या बाजूस मोकळ्या असलेल्या जागीं कांहींही नसतें.

## वायुभारमापकांत पारा कां वापरतात

पारा हा सर्वांत जड द्रव असल्यामुळें वायुभारमापकांत पारा वापरणें सोयीचें आहे. कारण वातावरणाच्या दाबामुळें पारा नळींत तीस इंच उंचीपर्यंत चढतो. पाऱ्यापेक्षां दुसरा कोणताही हलका द्रव घेतला तर तो अधिक उंचीपर्यंत चढेल. उदाहरणार्थ, पाणी पाऱ्यापेक्षां साडेतेरापट हलकें आहे. म्हणून हवेचा दाब सहन करण्यास पाण्याच्या स्तंभाची उंची १३·६ × ३० (४०८ इंच) = ३४ फूट असावी लागेल. ३४।३५ फूट उंचीची नळी हवेचा दाब मोजण्याकरितां वापरणें गैरसोयीचें होणार आहे. पाण्याऐवजीं ग्लिसरिनचा उपयोग केला तर, हवेचा भार सहन करण्यास त्याची उंची २६ फूट असावी लागेल. उंच नळी एका दृष्टीनें गैरसोईची असली तरी हवेच्या भारामध्यें होणारे लहान लहान फरक या मोठ्या उंचीवर सहज समजून येतील.

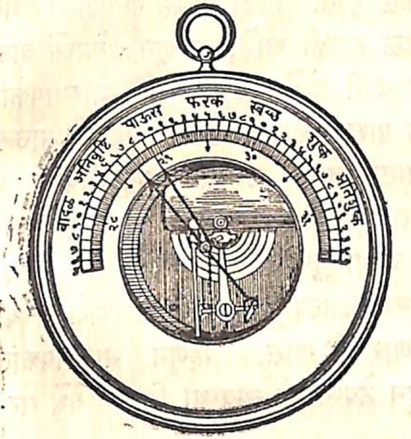
## निरनिराळ्या उंचीवर वातावरणाचा दाब

समुद्र सपाटीपासून निदान दोनशे मैल उंचीपर्यंत वातावरण पसरलें असावें अशी समजूत आहे. जसजसें आपण आकाशांत वर जाऊं तसतशी त्याची आपल्या डोक्यावरील उंची कमी कमी होत जाते व त्या मानानें दाबही कमी होतो. म्हणून आपण भारमापकासह विमानांत बसून आकाशांत उंच जाऊं लागलों, तर आपल्या डोक्यावरील हवेचे थर कमी कमी होतात व त्यामुळें, भारमापकांतील पाऱ्यावर त्याचा दाब कमी होत जातो. आणि म्हणून पाऱ्याचा स्तंभ खालीं उतरूं लागतो. उलटपक्षीं आपण खाणींत उतरूं लागलों तर आपल्या डोक्यावरील वातावरणाचे थर वाढूं लागतात आणि म्हणूनच भार-मापकांतील पाऱ्यावर त्याचा दाब वाढूं लागतो व त्यांतील पाऱ्याचा स्तंभ चढूं लागतो. याप्रमाणें पाऱ्याच्या स्तंभाची उंची जागेच्या उंचसखल मानानें कमजास्त होते. म्हणून समुद्रसपाटीपासून कोणत्याही स्थलाची उंची मोजावयाची झाल्यास भारमापक हें चांगलें साधन आहे. परंतु पाऱ्याच्या स्तंभाची उंची स्थलाच्या उंचीप्रमाणें कसकशी बदलते, याचा नियम माहीत पाहिजे.

समुद्रसपाटीपासून ७०० फूट उंचीवर पाऱ्याच्या स्तंभाची उंची ३० इंचांऐवजीं २९ इंच असते. यावरून वातावरणाची उंची फक्त २७००० फूट म्हणजे अदमासें सहाच मैल आहे असा तर्क मात्र कोणी काढूं नये; कारण पृथ्वीपासून २५।३० मैल उंचीवरसुद्धां हवेचे थर आहेत. परंतु ते अत्यंत विरल आहेत. खालील हवा वरच्यापेक्षां फार दाट असते; कारण ती वरील हवेच्या थरामुळें दबली जाते आणि हलक्या हवेच्या जाड थरांनीं जो परिणाम होतो तोच जड हवेच्या पातळ थरांनीं होतो.

## निर्द्रव भारमापक

या भारमापकांत पारा किंवा इतर कोणताही द्रव वापरीत नाहींत. अर्धवट निर्वात केलेलीं धातूची वाटोळी डबी हेंच याचें मुख्य अंग आहे. या डबीच्या बाजू अत्यंत लवचिक असतात आणि थोड्याशा दाबाच्या फरकानें सुद्धां आंत किंवा बाहेर दबल्या जातात. डबी बंद करतेवेळीं आंतील हवेचा जो दाब असतो, त्यापेक्षां दाब कमी झाल्यास डबीचें तकट किंचित् वर येतें व




आकृति ५६ बी.

दाब अधिक झाल्यास तें किंचित् खालीं जातें. ही मागेंपुढें होणारी गति अनेक योजना करून घड्याळांतील कांट्याप्रमाणें, एका कांट्याशीं नेलेली असते. ह्याची बाहेरील रचना घड्याळासारखी असते आणि तबकडीवर दाब दाखविणारा कांटा फिरत असतो (आकृति ५६ पहा.) हा भारमापक आटपशीर असल्यामुळें पाऱ्याच्या भारमापकांपेक्षां याचाच उपयोग प्रवासांत अधिक करितात. हवेचा दाब कळण्यासाठीं जहाजांत, विमानांत किंवा पुष्कळ लोकांच्या घरीं हा टांगलेला असतो.

## भारमापकाचा उपयोग

भारमापकाचा मुख्य उपयोग हवेच्या भारामध्यें होणारा फरक

समजण्याकडे होतो. हवेंतील घडामोडी हवेच्या भारांमध्यें होणाऱ्या फरकावरून समजतात. म्हणून या यंत्राच्या सहाय्यानें पाऊस केव्हां पडेल व तुफान केव्हां होईल हें अदमासानें सांगतां येतें. जेव्हां हवेमध्यें पाण्याची वाफ पुष्कळ होते, तेव्हां पाऊस पडण्याचा संभव असतो. वाफ हवेपेक्षां पुष्कळ हलकी आहे, म्हणून हवेमध्यें वाफ पुष्कळ झाल्यानें तिचें वजन कमी होतें; व त्यामुळें भारमापकांतील पारा उतरतो. असा पारा एकाएकीं उतरला म्हणजे पाऊस पडण्याचा संभव असतो. आतां जास्त उष्णतेनें हवा विरल व हलकी होते, तेव्हांही यांतील पारा खालीं उतरतो. असा एकाएकीं पारा खालीं उतरला म्हणजे बहुधा तुफान होणार असें तो सुचवितो; कारण उष्ण हवा हलकी झाल्यामुळें वर गेली म्हणजे तिच्या जागीं थंड हवा झपाट्यानें येणार हें खास. म्हणून भारमापकांत वेळोवेळीं होणारे फरक नोंदून ठेवण्याची व्यवस्था सिमला येथें सरकारनें केली आहे.

## हवेचा व्याप आणि दाब यांचा परस्परांशीं संबंध

सर्व वायुरूप पदार्थ दाब वाढविला असतां आकुंचन पावतात, व दाब ज्या प्रमाणांत वाढतो त्याच प्रमाणांत व्याप कमी होतो, हें रॉबर्ट बॉईल या इंग्लिश गृहस्थानें १६६२ मध्यें शोधून काढिलें, म्हणून या नियमास **बॉईलचा नियम** असें म्हणण्याची वहिवाट पडली आहे.

जर एखाद्या पात्रांत हवा कोंडली आणि तीवर दाब घातला तर ती आकुंचन पावते; यावरून दाब वाढविला असतां व्याप कमी होतो.

## बॉईलचा नियम

हवेचा दाब आणि व्याप यांचा संबंध दाखविणारीं मापनें आकृतिमध्यें दाखविलेल्या उपकरणावरून घेतां येतात. दोन कांचेच्या नळ्या



आकृति ५७ वी.

लांकडी पट्टयावर बसवून त्या पट्या एका उभ्या फळ्यावर खालीं वर सरकवितां येईल, अशा बेतानें बसविल्या आहेत. त्यांच्या खालच्या शेवटास एक जाड रबरी नळी जोडलेली असते. एका नळीचें वरचें टोंक मोकळें असतें. आणि दुसरीचें बंद केलेलें असतें. रबरी नळींत अशा रीतीनें पारा घातलेला असतो कीं, दोन्ही कांचेच्या नळ्याचा कांहीं भाग त्यानें भरलेला असावा. (आकृति ५७ पहा.) 'ब' नळींत कोरडी हवा कोंडलेली असते. 'अ' नळी पट्टीवर खालीवर सरकवून ब नळींत कोंडलेल्या हवेवर निरनिराळा दाब उत्पन्न करितां येतो. जेव्हां 'अ व ब' नळींत पारा एकाच पातळींत असतो तेव्हां कोंडलेल्या हवेवरील दाब वातावरणाच्या दाबाएवढा असतो. 'अ' नळी थोडीशी वर सरकवून कोंडलेल्या हवेवरील दाब वातावरणाच्या दाबापेक्षां वाढवितां येतो; किंवा किंवा तीच नळी खालीं सरकवून, वातावरणाच्या दाबापेक्षां कमीही दाब करितां येतो. उपकरणावर लाविलेल्या मोजपट्टीवरून कोंडलेल्या हवेचा व्याप आणि 'अ' व 'ब' नळींतील पाऱ्याच्या पातळीमधील अंतर सहज मोजतां येतें आणि यावरून त्या हवेवरील दाब किती अहें हें काढितां येतें.

प्रयोगाचे वेळीं प्रथम 'अ' व 'ब' नळींतील पारा एकाच पातळींत आणतात व 'ब' नळींतून हवेचा व्याप आणि तिच्यावर असणारा

दाब यांची मोज करतात. नंतर 'अ' नळी इतकी वर सरकवितात कीं, तींतील पाऱ्याची पातळी, 'ब' नळींतील पाऱ्याच्या पातळीपेक्षां पुष्कळ उंच असते. आतां 'ब' नळींतील कोंडलेल्या हवेवर वातावरणाच्या दाबाशिवाय दोन नळ्यांतील पाऱ्याच्या पातळीमधील अंतराएवढ्या त्याच्या स्तंभाचा दाब अधिक असतो. आणि त्यामुळें कोंडलेल्या हवेचा व्याप कमी होतो. नंतर 'अ' नळी थोडीशी खालीं करून 'ब' नळींतील कोंडलेल्या हवेवरील दाब कमी करतात. त्यामुळें, तिचा व्याप वाढतो. याप्रमाणें तीन चार वेळां थोडा थोडा दाब कमी करून व्याप कसा वाढत जातो तें पाहतात. नंतर 'अ' नळी पुष्कळ खालीं करून तींतील पाऱ्याची पातळी 'ब' नळींतील पाऱ्याच्या पातळीपेक्षां पुष्कळ खालीं करतात आतां 'ब' नळींतील हवेवर वातावरणाच्या दाबापेक्षां दोन नळींतील पाऱ्याच्या पातळीमधील अंतराएवढ्या त्याच्या स्तंभाच्या दाबानें तो दाब कमी होतो; आणि यामुळें कोंडलेल्या हवेचा व्याप पूर्वींपेक्षांही वाढतो.

## प्रयोग ३० वा

वर सांगितल्याप्रमाणें वातावरणाचा दाब कमीअधिक करून हवेचा व्याप कसा बदलतो ते पहा. व खालीं दाखविल्याप्रमाणें पत्रकांत तुमची माहिती भरा.

| वातवरणाचा दाब दाखविणारी उंची (क्ष) | दोननळींतील पाऱ्याच्या पातळींतील अंतर (य.) | कोंडलेल्या हवेवरील दाब दा.=क्ष+य | कोंडलेल्या हवेचा व्याप व्या. | दा×व्या |
|---|---|---|---|---|
| ७१ सं. मी. | ० | ७१. | ८ घ. सें. | ५६७. |
| ७१ " | ४ सं. मी. | ७५ | ७·६ | ५६७ |
| ७१ " | ७·२ " | ७८·२ | ७·३ | ५७०·६ |
| ७१ " | १० " | ८१ | ७ | ५६७ |
| ७१ " | १३·७ " | ८४·७ | ६·७ | ५६७·२ |

वर नमूद केलेल्या पत्रकांत शेवटीं व्याप आणि दाब यांचा गुणाकार दिला आहे आणि तो गुणाकार प्रत्येक खेपेस एकच येतो असें दिसून येतें. यावरून एकाच तपमानावर कोणत्याही वायूचा व्याप दाबाच्या उलट प्रमाणांत असतो. यासच **बॉईलचा नियम** असें म्हणतात.

दाब कमी केला किंवा वाढविला तरी वायूचा व्याप त्याच्या उलट प्रमाणानें राहतो. म्हणजे दाब निम्मा केला तर व्याप दुप्पट होतो आणि तृतीयांश केला तर तिप्पट होतो, असें तुम्हांस आढळून येईल.

हवचा किंवा इतर वायूचा व्याप तपमान ( Temperature) कमी केल्यास कमी होतो, किंवा वाढविल्यास वाढतो हें तुम्हांस पुढें कळून येईल. तूर्त एवढें लक्षांत ठेवा कीं, आपण वरील प्रयोगांत मापन करतेवेळीं तपमान ( Temperature ) बदललें नाहीं.

## द्रव्याची अणुरूप घटना

दगडी काळशाचा धूर जर खोलींतील हवेंत सोडला, तर हवेशीं तो पूर्णपणें मिसळून जातो; अथवा पाण्यांत मीठ टाकिलें, तर तें पाण्याशीं एकजीव होऊन जातें. अशाच प्रकारच्या साध्या दृश्य गोष्टींचा संबंध सांगण्याकरितां, आपणांस त्या पदार्थांचीं द्रव्यें अणु अणु मिळून झालीं असलीं पाहिजेत, असेंच समजावें लागतें. कोणत्याही द्रव्याचे हे अणु एकमेकांपासून वेगवेगळे राहतात. आणि दोन द्रव किंवा स्थाणु पदार्थांच्या मिश्रणांत ते परस्परांमध्यें आपली सोय करून घेतात.

शिवाय हे अणु एके जागीं स्थिर राहात नसून, सारखे आपल्या जागेंत चलनवलन करीत असतात. उघड्या हवेवर ठेविलेल्या पाण्याची वाफ होणें, हें सुद्धां अणूंच्या कमजास्त चलनवलनानें घडून येतें. कारण पाण्याचे अणु एकसारखे आपल्या जागेंत

चलनवलन करीत असतात आणि ते ठरलेल्या वेगानें भोंवतालच्या हवेंत पसरत असतात.

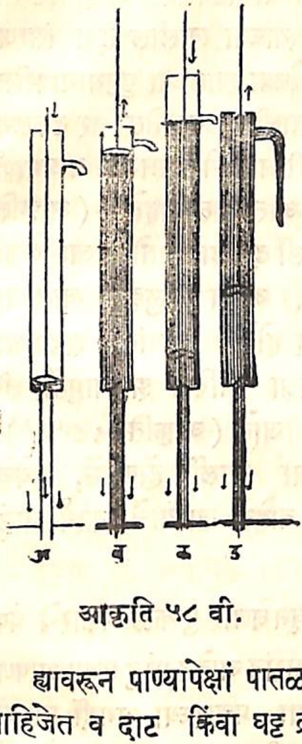
एखाद्या भांड्यांत कोंडलेल्या वायूचे अणु एकसारखे जोरानें चलनवलन करीत असतात आणि वारंवार एकमेकांवर त्याचप्रमाणें, भांड्याच्या आंतील भागावर आदळत असतात; यामुळेंच तो वायु आपल्याभोंवतालीं दाब उत्पन्न करितो. ज्या वेळीं त्याचें तपमान वाढतें त्या वेळीं त्या अणूंची चलनवलनाची क्रिया जोरानें होऊं लागते आणि म्हणूनच त्याचा दाब वाढतो. या भांड्याच्या बाजू वर लवचिक असल्या, तर वाढलेल्या दाबामुळें त्या फुगतात. तपमान (Temperature) वाढल्यामुळें स्थाणु आणि द्रव पदार्थ प्रसरण पावतात. म्हणून त्यांचेही अणु एकसारखे चलनवलन करितात, असें मानण्यास हरकत नाहीं.

मागील प्रयोगांत कोंडलेल्या हवेचा व्याप कमी केल्यामुळें, तिच्या अणूच्या चलन-वलनामुळें नळीच्या आंतील भागावर होणारे आघात वाढतात आणि त्यामुळेंच दाब वाढतो. उलटपक्षीं व्याप वाढविला तर हे आघात कमी होतात,म्हणून तिचा दाबही कमी होतो.

## प्रवाही पदार्थांच्या आणि हवेच्या दाबावर अवलंबून असलेलीं कांहीं यंत्रें

**( १ ) पाणी काढण्याचा साधा पंपः**—इताली देशांतील एका शेतकऱ्यानें ४५ फूट खोलीची एक विहीर खणली आणि तिच्यांतील पाणी तो साध्या पंपानें वर चढवूं लागला. परंतु पाणी ३२ फुटांहून अधिक उंच चढेना. तेव्हां पाणी ३२ फुटांपेक्षां अधिक कां चढत नाहीं, म्हणून त्यानें कित्येक शास्त्रज्ञांस विचारिलें, पण त्या वेळीं त्याचें उत्तर कोणासही देतां आलें नाहीं. शेवटीं, पाणी

वर चढतेंच कां याचा विचार एक शास्त्रज्ञ करूं लागला; तेव्हां




आकृति ५८ बी.

हवेस वजन असावें असें त्याच्या ध्यानांत आलें. मग पुढें त्यास असें सुचलें कीं, पंपांतील हवा बाहेर पडल्यामुळें त्यांतील पाण्यावर हवेचा दाब मुळींच रहात नाहीं व भोंवतालच्या पाण्यावर हवेचा दाब असतो, त्यामुळें पंपांत पाणी वर चढत असावें. भोंवतालच्या पाण्यावर हवेचा दाब ज्या मानानें असेल त्या मानानें पाणी उंच चढेल. साध्या पंपानें पाणी फक्त ३४ फूट उंच चढतें, यावरून हवेच्या दाबांत पाणी तितक्याच उंचीपर्यंत चढविण्याची शक्ति असावी असा त्यानें तर्क बांधिला.

ह्यावरून पाण्यापेक्षां पातळ द्रव ३२ फुटांपेक्षां अधिक उंच चढले पाहिजेत व दाट किंवा घट्ट द्रव अर्थात् कमी उंचीपर्यंत चढले पाहिजेत. पारा पाण्यापेक्षां १३·५ जड आहे, तेव्हां तो पाण्याच्या १३·५ व्या हिश्शाइतका उंच चढला पाहिजे. म्हणून,

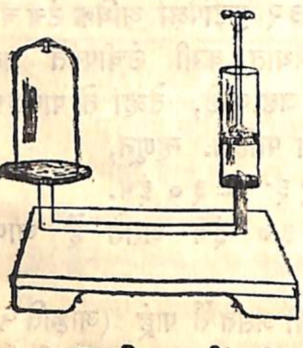
३४ फूट = ४०८ इंच ÷ १३·५ = ३० इंच.

भारमापकांत पाऱ्याची उंची ३० इंच असते हें आपण पाहिलें आहेच.

आतां अशा पंपाची रचना तरी कशी असते तें पाहूं (आकृति ५८ पहा). आपण अशी कल्पना करूं कीं, पंपांत हवा भरलेली आहे

आणि झडपेचा खालचा भाग पाण्याच्या हौदांत बुडालेला आहे (आकृति ५८ 'अ'). आणि दट्ट्या खालच्या झडपेजवळ आहे. पुढें तो जसजसा वर ओढिला जातो, तसतशी त्याच्या खालील हवा प्रसरण पावते, आणि म्हणूनच तिचा दाब झडपेच्या खालच्या पृष्ठभागावरील दाबापेक्षां कमी होतो, आणि तिच्या खालील हवा तिला वर ढकलून वरच्या नळींत शिरते व त्याबरोबर पाणीही आंत येऊं लागतें. याप्रमाणें दट्ट्या वरच्या टोंकास जाईपर्यंत पाणी आंत येत राहतें (आकृति ५८ 'ब पहा'). पुढें ज्या वेळीं तो खालीं दाबला जातो, त्या वेळीं त्या खालची हवा आकुंचन पावते, आणि हळुहळू खालच्या झडपेवरील दाब वाढतो, म्हणून ती बंद होते. दट्ट्यांतील झडपेच्या खालच्या पृष्ठभागावरील दाब वरच्या पेक्षां अधिक झाल्यामुळें, ती उघडते आणि त्यांतून पाणी बाहेर जातें (आकृति ५८ 'क'). याप्रमाणें प्रत्येक खेपेस दट्ट्याच्या वर खालीं होण्यानें, हवेचें आकुंचन किंवा प्रसरण होऊन पाणी बाहेर जाण्याचें कार्य चालू राहतें (आकृति ५८ 'ड').

**(२) वाताकर्षक पंपः**–हवा शोषून घेणारे पुष्कळ प्रकारचे पंप प्रचारांत आहेत. परंतु प्रथम आपण अशा प्रकारच्या अगदीं साध्या पंपाची रचना कशी असते तें पाहूं. एका कांचेच्या नळकांड्यांत वरखालीं जाणारा दट्ट्या असतो. त्या दट्ट्यांत वर उघडणारी झडप असते. त्याचप्रमाणें नळकांड्याच्या तळाशींसुद्धां वर उघडणारी झडप असते. हिच्या तळापासून



आकृति ५९ बी.

तबकडीच्या तळापर्यंत जोडणारी एक बारीक नळी बसविलेली असते. तबकडीवर ज्यांतून हवा काढून घ्यावयाची ती हंडी गच्च बसविलेली असते ( आकृति ५९ पहा ).

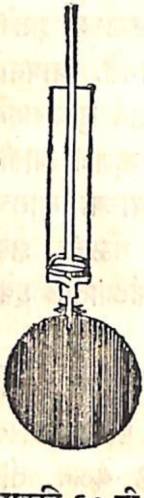
याच हंडींतून हवा काढून टाकावयाची असेल तर पहिल्यानें दट्टया खालीं सारतात. तो खालीं येतांना त्याच्या खालीं असलेली हवा दबली जाते, या दबण्यानें तिचा फुगण्याचा जोर वातस्तंभाच्या दाबापेक्षां अधिक होतो, म्हणून ती नळकंड्याच्या तळच्या झडपेस बंद करून दट्टयांतील झडपेस उघडून बाहेर पडूं लागते. याप्रमाणें दट्टया तळाशीं पोहोंचेपर्यंत हवेचें बाहेर पडण्याचें कार्य सुरू राहतें. नंतर दट्टयास वर सारतात. दट्टया वर येऊं लागला, म्हणजे त्यांतील झडप हवेच्या दाबानें बंद होते. यामुळें हंडी व त्याच्या खालची नळी ह्यातील हवेच्या फुगण्यानें नळकांड्याच्या तळची झडप उघडते, आणि हवा त्यांत येऊं लागते. परंतु नळकंड्यांतील हवेस मात्र आंत जातां येत नाहीं.

दट्टया वर गेल्यामुळें त्याखालची जागा रिकामी पडते. असें झालें म्हणजे, हंडींतील हवा तेथून दट्टयापर्यंत सारखी पसरण्याकरितां खालच्या नळीवाटें नळकंड्याच्या तळच्या झडपेजवळ येऊन, तीस उघडून वरील रिकाम्या जागेंत शिरते. यामुळें हंडींतील हवा थोडीशी पातळ होते. दट्टया फिरून खालीं नेतांना मागील क्रिया फिरून चालू होते, आणि दट्टया वर गेला म्हणजे फिरून हंडींतील हवा पूर्वींप्रमाणेंच झडप उघडून नळकंड्यांत येते. याप्रमाणें दरखेपेस दट्टयाच्या खालींवर जाण्यानें हंडींतील हवा अधिकाधिक पातळ होत जाते.

**(३) वातपूरक पंप**:—पात्रांत हवा असते त्यापेक्षां कधीं कधीं त्यांत अधिक भरण्याची गरज पडते. उदाहरणार्थ, सायकलचे चाकांत

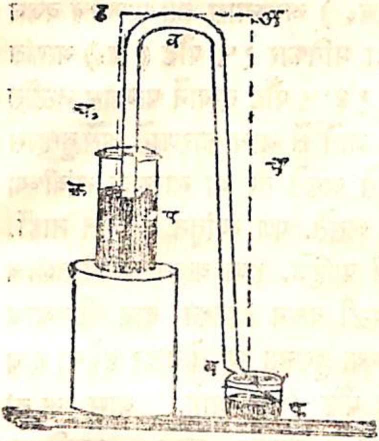
तुम्हांस नेहमीं हवा भरावी लागते. ती ज्या पंपानें भरतात त्यास वात-पूरक पंप असें म्हणतात. यासमुद्धां वातकर्षक पंपाप्रमाणेंच दट्टयाची व नळकांड्याची गरज असते. मात्र पहिल्यांत झडपा वर उघडणाऱ्या असतात,व दुसऱ्यांत त्या खालीं उघडणाऱ्या असतात (आकृति ६० पहा).

याच्या दट्टयाला खालीं उघडणारी झडप असते. ज्या पात्रांत हवा अधिक भरण्याची तें पंपास जोडलेलें दाखविलें आहे. या पात्राच्या तोंडाशीं खालीं उघडणारी झडप आहे. दट्टया खालीं सारला म्हणजे दर वेळेस नळकांडयांतील हवा झडप उघडून पात्रांत शिरते. दट्टया वर सारला तरी पात्रांत जी हवा शिरते तीस बाहेर पडतां येत नाहीं; कारण तिच्याच दाबानें ही झडप बंद होते, आणि दट्टयांतील झडप उघडून बाहेरील हवा आंत येते. ही आंत आलेली हवा जेव्हां दट्टया पुन्हा खालीं सारतात, तेव्हां पात्रांत जाते. पात्रापासून वरील दट्टयाचें नळकांडयास असलेलें मळसूत्र उलटें फिरवून तें पात्र वेगळें करतात.



आकृति ६० वी.

(४) **वक्रनलिकाः**—जेथें पाण्यास खालून नेण्यास अडचणी असतात, तेथचें पाणी वरून नेण्याकडे हिचा उपयोग करतात. ही दोन्ही तोंडांनीं मोकळी अशी वांकविलेली नळी आहे. हिचें एक टोंक दुसऱ्या टोंकापेक्षां लांब आहे. हें आंखूड टोंक पाण्यांत घालून दुसऱ्या टोंकानें हवा ओढून घेतली, म्हणजे लांब टोंकानें पाणी बाहेर येऊं लागतें. ओढून न घेतां नळी प्रथम पाण्यानें भरून व तिचें लांब टोंक आंगठ्यानें धरून आंखूड टोंक पाण्यांत बुडवून आंगठा काढून घेतला म्हणजे लांब टोंकांतून पाणी बाहेर येऊं



आकृति ६१ वी.

लागतें. बरें, आंखूड टोंक आंगठ्यानें धरून लांब टोंक पाण्यांत घातल्यानें, पाणी बिलकूल बाहेर येत नाहीं. त्याचप्रमाणें नळी-चीं दोन्ही टोंकें सारख्या लांबीचीं असलीं तरीसुद्धां पाणी बाहेर येत नाहीं; फक्त आंखूड टोंक पाण्यांत व लांब टोंक बाहेर असलें तर मात्र पाणी बाहेर येतें; याचें कारण काय तें पाहूं. पाणी बाहेर येतें तर त्यास कोणी बाहेर लोटीत असलें पाहिजे.

वक्रनलिका कशी असते तें आकृति ६१ वरून कळून येईल व ही वक्रनलिका पाण्यानें भरून तिचें आंखूड टोंक 'प' पात्रांत व लांब टोंक 'फ' पात्रांत सोडिलें आहे. 'प' पात्रा पाण्यानें भरलें आहे आणि 'फ' अगदीं रिकामें आहे. थोडा वेळ आपण अशी कल्पना करूं कीं, नलिकेचें 'ब' टोंक बंद केलें आहे. भांड्यांतील पाण्याच्या पृष्ठभागावर हवेचा दाब आहे. तो 'कड' नळींत पाण्यास चढवील; परंतु नळींतील 'कड' हा पाण्याचा स्तंभ त्यास वर चढण्यास प्रतिकार करतो. म्हणून पाण्याच्या पृष्ठभागावरील हवेच्या दाबांत या 'कड' पाण्याच्या स्तंभाचा प्रतिकार वजा जाऊन बाकीच्या जोरानें हवा पाण्यास या 'कड' नळींत चढवील. नळीच्या पोकळीचें क्षेत्र एक चौरस इंच आहे असें कल्पिलें तर हवा १५ पौंडाच्या (च,) जोरानें पाण्यास नळींत लोटील. पृष्ठभागा-

वरील नळीची उंची १२ इंच ( $च_2$ ) असल्यास त्या पाण्याचें वजन बदमासें अर्धा पौंड होईल. हा प्रतिकार १५ पौंड ( $च_1$ ) भारांत वजा केला तर ( $च_1$—$च_2$ ) हवा १४·५ पौंड दाबानें पाण्यास नळींत लोटील. यावरून नळींतून पाणी जातें तें याच कारणानें असें तुम्हांस वाटेल; परंतु तसें नाहीं. असें असतें तर या सारख्या लांबीच्या टोंकाच्या नळींतूनही पाणी गेलें असतें. पण त्यांतून तें जात नाहीं. यास्तव दुसरें कांहीं कारण असलें पाहिजे. हवा वरून खालीं तशीच खालून वर दाबते. विवक्षित स्थळीं वरून जितका दाब तितकाच खालून वर असतो. यामुळें नळीच्या दुसऱ्या 'ब' तोंडावर हवेचा दाब खालून वर आहे, तोही पंधरा पौंड ( $च_1$ ) आहे. यास 'अ ब' ( च ) पाण्याच्या स्तंभाचा भार प्रतिबंधक आहे. आणि हा स्तंभ 'क ड'च्या दुप्पट उंच आहे; 'ब' तोंडावर पाण्याचा प्रतिबंध एक पौंडाचा आहे. यास्तव येथें हवा सारी चौदा पौंडांनीं ( $च_1$—च ) दाबीत आहे व तेवढ्या जोरानें पाण्यास खालीं प्रतिकार करते. म्हणजे 'कड' नळींत पाणी चढविणारा दाब १४·५ पौंड आहे. व 'अब' नळींत तो फक्त १४ पौंडच आहे. 'कड' नळींतील दाब अर्ध्या पौंडानें अधिक असल्यामुळें पाणी 'अब' नळींतून बाहेर पडतें. याप्रमाणें 'अ ब' नळी 'क ड' नळीपेक्षां जितकी अधिक लांब असेल तितकें अधिक जोरानें पाणी बाहेर पडेल. आतां नळीचीं टोंकें सारख्या लांबीचीं असतांना पाणी कां पडत नाहीं हें तुमच्या सहज लक्षांत येईल. कारण तेव्हां हवा जेवढ्या जोरानें एका टोंकांत पाणी चढवितें, तेवढ्याच जोरानें दुसऱ्या तोंडाशीं पाण्यास खालीं येण्यास प्रतिबंध करिते. तसेंच पाण्यांतील टोंक लांब असलें, म्हणजे बाहेरील तोंडाशीं हवेचा दाब पाण्यांतील तोंडाशीं पाणी चढवि-ण्याच्या दाबाहून अधिक असतो. म्हणून पाण्यानें भरलेली ही नळी

या पाण्यांत बुडविली, तर त्या दाबानें नळींतील पाणी उलट भांड्यांत जातें.

## वसुदेव प्याला

वसुदेव प्याला सुद्धां वक्रनलिकेच्या तत्त्वावरच तयार केलेला असतो. वसुदेवाच्या पोटांत वक्रनलिका बसविलेली असते. ज्या वेळेस कृष्णाच्या पायास पाणी लागतें त्या वेळेस पात्रांतील पाणी उतरूं लागतें, कारण तेव्हां आंतील वक्रनलिका पाण्यानें भरते, तेव्हां पाण्याचा प्रवाह सुरू होतो (आकृति ६२ पहा).



आकृति ६२ वी.

## ध्वनि कसा उत्पन्न होतो

एखाद्या घंटेवर टोला मारिला म्हणजे तिचा सर्व भाग कमी अधिक प्रमाणांत कंपित होतो, व घड्याळाच्या लंबकाप्रमाणें मागेंपुढें हलूं लागतो. हें कंपन पहावयाचें झाल्यास एक लहानशी हस्तिदंती गोटी दोऱ्यास बांधून तिला त्या घंटेजवळ आणावी, म्हणजे घंटेच्या बाजूच्या कंपनामुळें जे तिला धक्के बसतात, त्यामुळें ती टणाटण् उड्या मारिते, व त्यावरून ती घंटा कंपित स्थितींत होती असें स्पष्ट कळून येतें ( आकृति ६३ पहा ). याप्रमाणें कोणताही पदार्थ कंपित

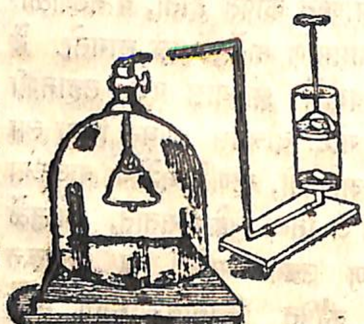


आकृति ६१ वी.

झाल्यानें त्यापासून ध्वनि उत्पन्न होतो, तेव्हां त्यास ध्वनिजनक किंवा नादजनक पदार्थ असें म्हणतात. या कंपित पदार्थाजवळ जी हवा असते तिच्या कणांस यामुळें आंदोलन मिळतें. हे कण शेजारच्या कणांस गति देऊन, स्थितिस्थापकतेमुळें परत पूर्वस्थळीं येतात. ते कणही आपल्या पुढील कणास गति देऊन मागें येतात. त्याप्रमाणें एका कणास दुसऱ्या कणापासून गति मिळून हवेंत नादलहरी उत्पन्न होतात. या नादलहरी प्रवास करीत करीत कानाच्या पडद्यासन्निध असलेल्या हवेच्या कणापर्यंत येतात. हा पडदा मेंदूपासून कानापर्यंत आलेल्या एका ज्ञानतंतूच्या शेवटाशीं असतो. या पडद्यास हवेच्या कणाची आंदोलकगति पोहोंचून, यापासून अनेक बारीक अस्थि व प्रवाही पदार्थ यांच्या द्वारें ह्या लहरी ध्वनिवाहक ज्ञानतंतूस पोहोंचतात; व पुढें तथून त्यांच्या द्वारें मेंदूस त्या पोहोंचून शेवटीं ध्वनीचें ज्ञान होतें.

## ध्वनि पसरण्यास हवेची आवश्यकता

ध्वनिजनक पदार्थ आणि कान या दोहोंमध्यें स्थितिस्थापक पदार्थ असला, आणि तो ध्वनिजनक पदार्थाबरोबर कंपित झाला तरच ह्या स्थितिस्थापक पदार्थांच्या कंपनापासून किंवा आंदोलनापासून ध्वनीचें ज्ञान होतें. हा पदार्थ बहुतकरून हवाच असतो; परंतु सर्व वायु, वाफ, पातळ किंवा स्थाणु पदार्थ यांमधूनही ध्वनीचें वहन होतें.



आकृति ६४ बी.

ध्वनीच्या वहनास कोणत्या तरी स्थितिस्थापक पदार्थाचें किंवा मार्गाचें अस्तित्व आ-

गतें, हें पुढील प्रयोगावरून सिद्ध होतें. एक बराच मोठा कांचेचा पोकळ गोल घेऊन, त्याच्या तोंडास बळकट बूच बसविलेलें असतें; व त्यांत एक घंटा बारीक दोऱ्यानें टांगलेली असते. वाताकर्षक पंपानें गोलांतील हवा काढून घेतली, व नंतर तो हलवून घंटा वाजविली, म्हणजे घंटेवर लोळी आदळतांना जरी दृष्टीस पडते तरी आवाज ऐकूं येत नाहीं; किंवा ज्या मानानें गोलांतील हवा काढून घेत जावें, त्या मानानें, आवाज अधिकाधिक बारीक होत जातो (आकृति ६४ पहा). परंतु गोलांत फिरून दुसरा कोणताही वायु किंवा वाफ सोडल्यास, गोल हलविला म्हणजे लागलीच ध्वनि स्पष्ट ऐकूं येऊं लागतो. यावरून ध्वनि ऐकूं येण्यास अगर पसरण्यास हवेसारख्या स्थितिस्थापक पदार्थाची जरूरी आहे हें :समजून येईल.

---

## प्रश्न.

१ हवेचें अस्तित्व व दाब सिद्ध करणाऱ्या प्रयोगाचें वर्णन करा.

२ भारमापकांतील पाऱ्याच्या स्तंभाची स्वाभाविक उंची किती असते, पाऱ्यापेवजीं पाणी किंवा दुसरा कोणताही द्रव उपयोगांत आणिल्यास चालेल किंवा नाहीं? त्या द्रवाची भारमापकांतील उंची कोणत्या तत्त्वावर अवलंबून आहे?

३ एका चौरस इंचावर हवेचा दाब १५ पौंड आहे. तर एका चौरस सेंटिमीटरवर किती असूं शकेल. उत्तर किलोग्रॅममध्यें काढा.

४ भारमापकाची उंची ७२ सेंटिमीटर असतांना हवेचा व्याप ३२१ घनसेंटिमीटर होता, आतां उंची ७६ सेंटिमीटर झाली तर तिचा व्याप काय होईल?

५ भारमापक किती प्रकारचे आहेत, त्यांचें सविस्तर वर्णन करा. तुम्हांस पर्वताची उंची मोजावयाची झाल्यास तुम्ही कोणता भारमापक घ्याल? व तो काय म्हणून?

६ बॉइलचा नियम सांगून, तो सिद्ध कसा कराल तें सविस्तर सांगा.

७ साध्या पाण्याच्या पंपाची आकृति काढून, त्याचें कार्य कसें घडतें तें सविस्तर सांगा. किती खोलीपर्यंत या पंपानें पाणी बाहेर काढतां येईल ?

८ हवेचें वजन आपणांस कां भासत नाहीं ? ज्या प्रयोगानें तें भासमान करितां येतें त्याचें वर्णन करा.

९ हवा काढून घेण्याऐवजीं फूटबॉलमध्यें भरावयाची झाल्यास वाताकर्षक पंपांत कोणत्या प्रकारचा फेरफार कराल, व तो काय म्हणून ?

१० वक्रनलिकेचें वर्णन करा. तिचें आंखूड टोंकच पाण्यांत कां बुडवावें लागतें ?

११ भारमापक कसा तयार करावा तें आकृति काढून लिहा.

भारमापकांत पाऱ्याची उंची २५ इंच आहे, तर यावेळीं एक चौरस सेंटिमीटरवर हवेचा दाब किती असेल तें काढा.

४५३ ग्रॅम् = १ पौंड. १ इंच = २·५ सें. मी.

१२ ध्वनि कसा उत्पन्न होतो ? तो पसरण्यास हवेची जरूरी आहे हें तुम्ही कोणत्या प्रयोगानें सिद्ध कराल ?

१३ निर्द्रवभारमापक, कोणत्या तत्त्वावर तयार केला आहे ? त्याचें आकृति काढून वर्णन करा. याचा विशेष उपयोग कोठें होतो ?

१४ निरनिराळ्या उंचीवर भारमापकांतील पाऱ्याची उंची एकच असते काय ? नसल्यास तींत बदल कां व कसकसा होतो ?

१५ हवेचा दाब सर्व बाजूंनीं सारखा असतो हें कसें सिद्ध कराल ?

समाप्त.

# पुस्तकांत योजिलेले कांहीं महत्त्वाचे पारिभाषिक शब्द.

अचल Fixed
अविनाशित्व Indistructibility
आलेख Graph
आकारमान Volume
आलेखपत्र Graph Paper
आयाम Space
आहार Capacity
आंदोलक Pendulum
आडवा छेद Cross Section
आद्य Fundamental
उत्साहधर्म Upthrust
उपकरण Appatratus
एकधेय Stanard unit
अंकावली Scale
कैवार Calipers
खटक्याचें घड्याळ Stop Watch
गोलक, गोल Bob
ग्राहक Receiver
चल Moving
चिकटपणा Viscosity
चिमटा Forceps
चकति Disc
छायायंत्र Sundial
जलोत्सारणपद्धत Method of Displacement
जलस्थितविभ्रम Hydrostatic Paradox
झोंका Oscillation
टेंकू Fulcrum
तरकांटा Hydrometer
तबकडी Plate
तरफ Lever
ताण Stress
ताणकांटा Spring Balance
तपमान Temperature
तालमापक Metronome
तोलकस्तंभ Balancing Column
त्रिकोणपट्टी Wedge
दट्टया Piston
दाब Pressure
दार्ढ्य Density
दाबयंत्र Hydraulic Press
दांडी Beam
दुग्धपरिक्षक Lactometer
द्रव्य Matter
दिग्भेद Parallax
द्रव Liquid

द्रवमापिका Burette
धारणाबिंदु Point of support
नित्य Constant
निर्वातप्रदेश Vacuum
निर्द्रवभारमापक Aneroid Barometer
परिमाण Dimension
पातळी Level
पातें Knife edge.
प्रसरण Expansion
पृष्ठभाग Surface
पाणघड्याळ Water Clock
बाही Sleeve
बाह्य Apparent
भुजा Arm
भार Pressure
मापक Instrument of Measurement
मापन Measurement
मोजपट्टी Foot Rule (or) Metre Rule
रूळ Cylinder
वक्रनलिका Siphon
वस्तुमान Mass
वाहक Fluid
वाताकर्षक पंप Air Pump
वातपूरक पंप Force Pump
वास्तवशास्त्र Physics
विशिष्टगुरुत्व Specific Gravity
विलेखित Graduated
व्याप Volume
विज्ञानशास्त्र Physics
स्क्रूकैवार Screw Gauge
स्थाणु Solid

## सामान्य प्रश्न.

१ तुमच्या धोतराची लांबी ९, १०, किंवा ११, वार आहे; तीच लांबी तुम्ही मीटरमध्यें कशी सांगाल?

२ दहा फूट व्यासाच्या विहिरींत, एका मुलानें पोहतांना, १०० फेऱ्या काढिल्या, तर तो एकंदर किती मैल लांब पोहला असें होइल ?

३ व्हर्नीअर पट्टी म्हणजे काय? २·८२ लांबीच्या पेन्सिलीची लांबी मोजली आहे हें दाखविणारी आकृति तुम्ही आपल्या वहीवर काढा.

४ वर्तुळाचा किंवा दुसऱ्या कोणत्याही गोलाचा परीघ तुम्ही कसा काढाल ? त्यावरून व्यास व परीघ यांचें नित्य प्रमाण कसें काढाल?

५ ताणकांट्यावरील ताण व त्याच्या शेवटास अडकाविलेलीं वजनें यांचा संबंध दाखवितांना खालीं दिल्याप्रमाणें उत्तरें आलीं.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| वजनः—ग्रॅम; | ६ | १४ | १८ | २२ | ३६ | ४० | ४८ | ५८ | ६४ |
| ताणः—सेंमी | ७ | १·९ | २·८ | ३·६ | ५·६ | ६·१ | ७·१ | ८ | ९·२ |

हा संबंध दाखविणारा आलेख, आलेखपत्रावर (Graph Paper) काढा.

६. १० फूट लांब व १२ फूट रुंद, एवढ्या खोलींत फरशी पसरावयाची आहे. २ इंच लांब व ४ इंच रुंद असे फरशीचे दगड तुम्हांस दिले आहेत, तर ते किती लागतील?

७ क्षेत्रफळ व व्याप (आकारमान) म्हणजे काय तें सांगून उदाहरणें देऊन स्पष्ट करा. एका घराच्या १० फूट लांब व ४ फूट रुंद, छपरावर काटकोन तिकोनी कौलें बसवावयाचीं आहेत, त्याच्या कर्णाची, लंबाची व पायाची लांबी ५ इंच, ३ इंच, व ४ इंच आहे; तर एकंदर कौलें किती लागतील ?

८ एक हौद ४ मीटर लांब, ५० डेसिमीटर रुंद, व १० मीटर खोल आहे. त्यांत किती लीटर पाणी राहूं शकेल? एका सेकंदांत २५ घनसेंटिमीटरप्रमाणें त्यांतून पाणी बाहेर पडत आहे; तर तो किती वेळांत रिकामा होईल ?

९ आपणास २००० घनफूट पाणी राहू शकेल एवढा वाटोळा हौद बांधावयाचा आहे, त्याची उंची १०० फूट असावी तर व्यास किती असला पाहिजे ?

१० मोजपात्र, द्रवमापिका व लघुनलिका यांचें थोडक्यांत वर्णन करा. एखाद्या वेड्यावांकड्या लोखंडाच्या तुकड्याचें आकारमान तुम्ही कसें काढाल ?

११ एका लहान लांकडी तुकड्याचा व्याप (आकारमान) काढावयाचा झाल्यास, तुम्हांस कोणत्या उपकरणाची जरूरी लागेल ? तुम्ही उत्तर कसें काढाल त्याचें वर्णन करा.

१२ 'जलोत्सारण' पद्धतीपेक्षां दिलेल्या पदार्थाचें आकारमान काढण्याची एखादी चांगली पद्धत तुम्हांस माहीत आहे काय ? तिचें सविस्तर वर्णन करा. ती अधिक चांगली कां, याचें विवरण करा.

१३ खालीं वर्णन केलेल्या बरण्यांपैकीं कशांत अधिक मध मावेल ?

(१) २० सेंटिमीटर व्यास व ४० सेंटिमीटर उंची }
(२) १० सेंटिमीटर व्यास व ८० सेंटिमीटर उंची } व तो किती ?

१४ एका फुटबॉलचा व्यास त्यांत वारा भरला असतां १५ इंच होतो तर त्यांत किती घनफूट हवा कोंडली आहे ?

१५ वजन आणि वस्तुमान यांमधील फरक उदाहरणें देऊन स्पष्ट करा. हा फरक ज्या कांट्यावर कळून येतो त्याचें सविस्तर वर्णन करा.

१६ आडकित्त्याच्या दांड्याची लांबी ६ इंच आहे. टेंकूपासून सुपारी २ इंच अंतरावर ठेविली असतां शेवटीं ६.२ पौंडाच्या जोरानें ती फुटली जाते, तर सुपारीकडून झालेला प्रतिकार किती ?

१७ १०० पौंड वजनाचा दगड एका काठीला अडकवून दोन मनुष्यांच्या खांद्यावरून न्यावयाचा आहे. काठीची लांबी १० फूट आहे. तर एकाच्या खांद्यावर ३५ पौंडांचा व दुसऱ्याच्या खांद्यावर ६५ पौंडांचा भार पडण्यास तो दगड त्या काठीवर कसा अडकवाल ?

१८ एका तरफेची ( Lever ) लांबी ४० सेंटिमीटर आहे. तिच्या मध्यबिंदूपासून एका बाजूस १० ग्रॅमचें वजन १५ सेंटिमीटर अंतरावर, व २० ग्रॅमचें वजन ४ सेंटिमीटर अंतरावर, अडकविलें आहे. दुसऱ्या

बाजूस टेंकूपासून २५ ग्रॅमचे वजन ५ सेंटिमीटर अंतरावर अडकाविलें आहे; शिवाय ४ ग्रॅमचें वजन किती अंतरावर अडकवावें म्हणजे ती समतोल राहील ?

१९ कालमापनाची कल्पना कशी निघाली असावी याबद्दल सामान्य माहिती द्या. जुन्या वेळ मोजण्याच्या साधनांपैकीं सर्वांत अधिक सोयीचें कोणतें तें सांगून त्याचीं कारणें द्या.

२० एक पदार्थ मुंबईस ताणकांट्यावर वजन केला तेव्हां १० पौंड भरला. तोच त्याच तराजूवर हिमालयाच्या उंच शिखरावर वजन केला, तर त्यांत फरक पडेल काय ? पडल्यास त्याचें कारण काय ?

२१ एका खोटया तराजूच्या एका पारडयांत टाकिला असतां एक पदार्थ २४शेर भरतो व तोच दुसऱ्या पारडयांत टाकिला तर १६·६६ शेर भरतो. त्याच्या मोठ्या दांडीची लांबी १२ इंच आहे; तर त्या पदार्थाचें खरें वजन काय व लहान दांडीची लांबी किती ?

२२ नळीचा अंतर्व्यास, औषधाचे मोजके थेंब, व केंसासारख्या पदार्थांची जाडी मोजण्यास लागणाऱ्या साधनांच्या आकृति काढून माहिती सांगा.

२३ जगांतील मेट्रिकपद्धतीचीं सर्व वजनें नाहींशी झालीं, तर तुम्ही १० ग्रॅमचें वजन कसें तयार कराल ?

२४ एक लोखंडी गोळा पाण्यांत बुडविला असतां त्याचें वजन १०० ग्रॅम कमी होतें, तर त्याचा व्याप काय? लोखंडाचें विशिष्टगुरुत्व ७·४ आहे, तर त्या गोळयाचें वजन काय ?

२५ विशिष्टगुरुत्व व दार्ढ्य यांतील फरक स्पष्ट करा. मेणबत्तीच्या एका तुकडयाचें दार्ढ्य कसें काढाल तें सविस्तर लिहा.

२६ एका पदार्थाचें हवेंतील वजन १५० ग्रॅम आहे, त्यांचें पाण्यांतील वजन १३७ ग्रॅम आहे, आणि तेलांतील वजन १३८·५ ग्रॅम आहे. तर तो पदार्थ व तेल यांचें प्रत्येकीं विशिष्टगुरुत्व काय ?

२७ लोखंडाचा एक काटकोनी पत्रा आहे, त्याची लांबी ४ इंच, रुंदी ३ इंच व जाडी १ इंच आहे. हा पाण्यांत टाकिला असतां बुडतो, पण कोपऱ्याचा १|१ चौरस इंच कापून याची काटकोन चौकोनी पेटी

केली तर ती पाण्यावर तरते. असें कां होतें, तें सकारण सांगा. एक घन इंच पाण्याचें वजन ·३५ पौंड आहे.

२८ ग्लिसरीनचें मेट्रिक पद्धतीनें दार्ढ्य १·२६ येतें, तें ब्रिटिश पद्धतीनें किती येईल? ( १ इंच = २·५ सें. मीटर )

२९ आर्किमेडीजचा सिद्धांत देऊन त्याची सत्यता उदाहरणें देऊन सिद्ध करा. एका स्थाणु पदार्थाचें हवेंतील वजन ६० ग्रॅम आहे. त्याचें विशिष्टगुरुत्व ५ आहे. तर त्याच पदार्थाच्या आकारमानाच्या स्पिरिटचें वजन काय? (स्पिरिटचें दार्ढ्य दर घनसेंटिमीटरास ·९ ग्रॅम.)

३० एका लांकडी ठोकळ्यांत कांहीं खिळे मारिले आहेत. या लांकडाचें दार्ढ्य दर घनसेंटिमीटरास ·५ ग्रॅम आहे. या ठोकळ्यांतील खिळे बाहेर ओढून न काढितां त्याचें वजन काढणें आहे, तर काय कराल?

३१ एका लोखंडी तुकड्याचें वजन पाण्यांत १० ग्रॅम कमी आलें, तें सल्फ्यूरिक ॲसिडमध्यें किती कमी होईल? ॲसिडचें दार्ढ्य दर घन सें. १·५ ग्रॅम आहे.

३२ 'हेअर'च्या उपकरणांत, पाण्याची उंची १६ इंच आहे, तर त्याच वेळीं रॉकेलची उंची किती असेल? ( रॉकेलचें दार्ढ्य, दर घन-सेंटिमीटरास ·८ ग्रॅम. )

३३ २५ ग्रॅम लोणी १३ ग्रॅम लोखंडाच्या तुकड्यावर ठेविलें; त्या लोखंडी तुकड्याचें वजन पाण्यांत ११·२ ग्रॅम भरलें; आणि त्या दोहोंचें मिळून पाण्यांत ७·२ ग्रॅम भरलें; तर लोण्याचें विशिष्टगुरुत्व काय?

३४ पिचकारींत पाणी कां शिरतें तें सांगा.

पिचकारींत दांडा एकदां वर ओढल्यानें पाणी चार इंच उंचीपर्यंत पिचकारींत चढतें. पाण्याऐवजीं पारा घेतल्यास दांडा एकदां वर घेऊन तो किती उंच चढेल?

३५ वायुभारमापक कसा तयार करावा, तें आकृति काढून लिहा. भारमापकांत पाऱ्याची उंची २५ इंच आहे तर या वेळीं एका चौरस सेंटिमीटरवर हवेचा दाब किती असेल तो काढा.

४५३ ग्रॅम=१ पौंड, १ इंच=२·५ सेंटिमीटर.

३६ एका तांब्याच्या तारेचें हवेंतील वजन ८० ग्रॅम आहे; पाण्यांतील वजन ७१ ग्रॅम आहे; तिची लांबी २५ सेंटिमीटर आहे; तर तिचा व्यास काय?

३७ हवेचा दाब दर चौरस इंचावर १५ पौंडप्रमाणें आहे; टरपेंटाईनचा भारमापक तयार केला तर त्याची उंची किती राहील ? (ईनचें विशिष्टगुरुत्व ·८).

३८ भारमापकांत पाऱ्याच्या स्तंभाची उंची ७६ सेंटिमीटर असतांना एका वायूचा व्याप ४० लिटर आहे. तीच ७० सेंटिमीटर उंची झाली तर त्याचा व्याप ( आकारमान ) काय होईल ?

३९ एका लांकडाच्या रुळाचें विशिष्टगुरुत्व ·५६ आहे, आणि तो पाण्यांत तरंगत आहे त्यांची उंची १६ सेंटिमीटर व आणि त्रिज्या ४ सेंटिमीटर आहे तर तो बरोबर पाण्यांत बुडण्यास त्यावर किती वजन ठेवावें लागेल ?

४० मेणाचें 'सापेक्षदार्ढ्य' ·८५ घनसेंटिमीटर आहे. आणि त्याचें आकारमान १०० घनसेंटिमीटर आहे, तर त्याच वजन किती? व तो पाण्यांत तरंगत असतांना त्याचा किती भाग पाण्याखालीं राहील?

४१ लांब, ४ सेंटिमीटर ~ सेंटिमीटर रुंद, व १० सेंटिमीटर उंच, एवढा एक लांकडी तुकडा पाण्यांत टाकिला असतां ४ सेंटिमीटर उंचीपर्यंतच त्यांत बुडतो, तर त्या लांकडाचें विशिष्टगुरुत्व काय?

४२ एका लोखंडी वाटीचें वजन १० ग्रॅम आहे व तिचें आकारमान ९३ घनसेंटिमीटरएवढें आहे, आतां तिच्यांत किती वजन टाकावें म्हणजे ती पाण्यांत बुडेल?

४३ एक लांकडी रूळ पाण्यांत त्याच्या अर्ध्या उंचीपर्यंत बुडतो, आणि दुसऱ्या एका द्रवांत $\frac{१}{४}$ उंचीपर्यंत बुडतो, तर त्या द्रवाचें विशिष्टगुरुत्व काय ?

४४ पाऱ्यांत टाकिला असतां एका चांदीच्या तुकड्याचा $\frac{१}{३}$ एवढा भाग त्यावर राहतो तर चांदीचें विशिष्टगुरुत्व काय? (पाऱ्याचें विशिष्टगुरुत्व १३·६).

४५ एका चौकोनी लांकडी तुकड्याची उंची १२ इंच आहे; आणि तो लंबरेषेंत पाण्यांत तरंगत आहे, तर त्याचा किती उंचीचा भाग पाण्यावर राहील ? ( लांकडाचें वि. गु. ·५).